

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI ČERPACÍ STANICE POHONNÝCH HMOT

SAFETY STUDY OF REFUELLING STATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARKÉTA ŠIMKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Prof. Ing. František Babinec, CSc

BRNO 2008

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav metrologie a zkušebnictví

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Šimková Markéta

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení jakosti (3911T023)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Posouzení bezpečnosti čerpací stanice pohonných hmot

v anglickém jazyce:

Safety Study of Refuelling Station

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kvantitativní ocenění rizika čerpací stanice.

Cíle diplomové práce:

Kvantitativní ocenění míry rizika pro různé pohonné hmoty v závislosti na skladovací kapacitě. Aplikace metody FMEA.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Seznam odborné literatury:

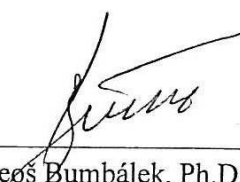
Crowl, D. A., Lowar, J.F.: Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications

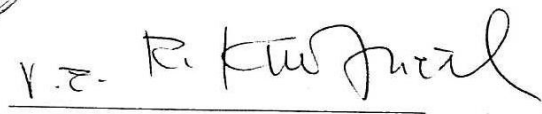
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. František Babinec, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 30.11.2007




 doc. Ing. Leoš Bumbálek, Ph.D.
 Ředitel ústavu


 doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
 Děkan fakulty

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

ANOTACE:

Markéta Šimková

Posouzení bezpečnosti čerpací stanice pohonných hmot.

Diplomová práce, Ústav metrologie a zkušebnictví, VUT FSI v Brně.

Tato diplomová práce se zabývá kvantitativním oceněním míry rizika, které pro obyvatelstvo, zvířata a životní prostředí představuje skladování, přeprava a manipulace s různými pohonnými hmotami na čerpací stanici v dané lokalitě. A vliv dalších průmyslových objektů v přilehlém okolí této stanice. Podrobněji je zde popsána metoda indexu požáru a výbuchu F&E Index (Dow's Fire and Explosion Index), metoda Selekcce zdrojů rizika závažné havárie (Guidelines for Quantitative Risk Assessment) a analýza způsobů a důsledků poruch, metodou FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

Klíčová slova: Hořlavá látka
Index požáru a výbuchu F&E Index
Selekcce zdrojů rizika závažné havárie
Analýza způsobů a důsledků poruch – metoda FMEA

ANNOTATION:

Markéta Šimková

Safety study of refuelling station.

Diploma thesis, Institute of Metrology and Quality Assurance Testing, Brno University of Technology.

This Diploma thesis deal with quantitative risk assessment of exposure. It means for population, animals and environment stocking, transport and manipulation with vairous fuel at refuelling station in particular area and influence of other industrial effects in close area of this refuelling station.

There is more specified a Method of Dow's fire and explosion Index, method of Guidelines for Quantitative Risk Assessment and method FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

Key words: Flammable Substance
Dow's Fire and Explosion Index
Guidelines for Quantitative Risk Assessment
Failure Mode and Effect Analysis

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠIMKOVÁ, Markéta. *Posouzení bezpečnosti čerpací stanice pohonných hmot*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008, s. 76, příloh 5. Prof. Ing. František Babinec, Csc.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

PROHLÁŠENÍ:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byla seznámena s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci vypracovala samostatně. Při vypracování diplomové práce jsem respektovala ustanovení předpisů pro diplomové práce a jsem si vědoma toho, že v případě jejich nedodržení nebude moje diplomová práce vedoucím diplomové práce přijata.

V Brně dne 24. 5. 2008

.....
podpis

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Prof. Ing. Františku Babincovi, CSc za účinnou podporu, obětavou pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce. A všem, u kterých jsem našla cenné rady a pomoc při řešení problematiky.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

OBSAH:

1. ÚVOD.....	12
2 VYBRANÉ ZÁKLADNÍ POJMY	14
2.1 Požárně technické charakteristiky hořlavých látek	15
2.1.1 Rozdělení hořlavých kapalin	16
2.1.2 Třída nebezpečnosti	16
2.1.3 Teplotní třídy	16
2.1.4 Kemlerův kód	16
3 PŘEHLED METOD PRO ANALÝZU RIZIK.....	17
3.1 Pojem riziko.....	17
3.2 Základní metody pro analýzu rizik.....	17
4 ÚVOD DO PROBLEMATIKY ČERPACÍ STANICE PHM.....	19
4.1 Poloha čerpací stanice.....	19
4.2 Popis technologického procesu	20
4.2.1 Stáčecí zařízení.....	20
4.2.2 Výdejní zařízení.....	20
4.3 Podzemní uskladňovací nádrže.....	20
4.3.1 Třída nebezpečnosti hořlavých kapalin.....	20
4.3.2 Podzemní nádrž.....	20
4.3.3 Popis nádrže.....	21
4.3.4 Ochranný a kontrolní systém těsnosti meziplášťového prostoru nádrže a potrubí.....	21
4.4 Stanovení zón nebezpečnosti.....	21
4.5 Provozní podmínky.....	22
4.5.1 Stáčení pohonných hmot.....	22
5 ČERPACÍ STANICE LPG.....	24
5.1 Poloha čerpací stanice.....	24
5.2 Účel zařízení.....	25

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

5.3 Popis čerpací stanice.....	25
5.3.1 Čerpací stanice PB.....	25
5.3.2 Tlakový zásobník PB.....	25
5.3.3 Dopravní zařízení PB.....	26
5.3.4 Potrubní rozvody PB.....	26
5.3.5 Výdejní zařízení PB.....	26
5.3.6 Zabezpečovací zařízení.....	26
5.4 Popis funkce ČS.....	27
5.5 Stáčení autocisterny.....	27
 6 VLASTNOSTI NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....	 28
6.1 Složení benzínu.....	28
6.1.1 Chemická charakteristika.....	28
6.1.2 Nebezpečné chemické látky.....	28
6.1.3 Údaje o nebezpečnosti přípravku.....	28
6.1.4 Fyzikální a chemické vlastnosti látky.....	30
6.1.5 Účinky na člověka a na životní prostředí.....	30
6.1.6 Pokyny pro první pomoc.....	31
6.1.7 Opatření pro hasební zásah.....	31
6.1.8 Toxikologické vlastnosti látky.....	32
6.1.9 Informace pro přepravu přípravku.....	32
6.2 Složení nafty.....	33
6.2.1 Nebezpečné chemické látky.....	33
6.2.2 Údaje o nebezpečnosti přípravku.....	33
6.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti přípravku.....	34
6.2.4 Účinky na člověka a na životní prostředí.....	34
6.2.5 Pokyny pro první pomoc.....	35
6.2.6 Opatření pro hasební zásah.....	35
6.2.7 Toxikologické vlastnosti látky.....	36
6.2.8 Informace pro přepravu přípravku.....	36
6.3 Složení LPG (Liquefied Petroleum Gas).....	37
6.3.1 Nebezpečné chemické látky.....	37
6.3.2 Údaje o nebezpečnosti přípravku.....	37

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

6.3.3 Fyzikální a chemické vlastnosti přípravku.....	38
6.3.4 Účinky na člověka a životní prostředí.....	39
6.3.5 Pokyny pro první pomoc.....	39
6.3.6 Opatření pro hasební zásah.....	40
6.3.7 Toxikologické vlastnosti látky.....	40
6.3.8 Informace pro přepravu.....	41
7 METODA VÝBĚRU.....	42
7.1 Charakteristika metody.....	42
7.2 Postup metody výběru.....	42
7.3 Indikační číslo A.....	42
7.3.1 Výpočet.....	42
7.4 Selektivní číslo S.....	44
7.4.1 Výpočet.....	44
7.5 Výpočet metodou výběru.....	44
7.5.1 Výpočet indikačního čísla A.....	44
7.5.2 Výpočet selektivního čísla S.....	45
7.6 Vyhodnocení výsledků metody Výběru.....	46
8 INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - F&EI.....	46
8.1 Charakteristika metody.....	46
8.2 Zařazení metody.....	46
8.3 Použití metody.....	46
8.4 Cíle metody.....	46
8.5 Postup stanovení Indexu požáru a výbuchu.....	47
8.5.1 Stanovení materiálového faktoru.....	47
8.5.2 Obecná procesní nebezpečí.....	48
8.5.3 Speciální procesní nebezpečí.....	49
8.5.4 Stanovení indexu požáru a výbuchu.....	52
8.6 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro benzín.....	52
8.6.1 Základní údaje.....	52

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.6.2 Postup stanovení F&E Indexu.....	52
8.7 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro motorovou naftu.....	55
8.7.1 Základní údaje.....	55
8.7.2 Postup stanovení F&E Indexu.....	55
8.8 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro LPG.....	58
8.8.1 Základní údaje.....	58
8.8.2 Postup stanovení F&E Indexu.....	58
8.9 Kreditní faktory řízení ztrát.....	61
8.9.1 Zasažená plocha, zasažený prostor.....	61
8.9.2 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky.....	61
8.10 Stanovení kreditních faktorů.....	63
8.11 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – benzín.....	65
8.12 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – motorová nafta.....	67
8.13 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – LPG.....	67
8.14 Závěrečné vyhodnocení metody F&E Index.....	68
9 ANALÝZA PPŘÍČIN A NÁSLEDKŮ PORUCH (FMEA).....	70
9.1 Analýza příčin a následků poruch.....	70
9.2 Vyhodnocení výsledků metody FMEA.....	72
10 ZÁVĚR.....	73
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	74
12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	75
13 SEZNAM PŘÍLOH.....	76

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

1. ÚVOD

Průmyslová činnost přináší kromě uspokojování narůstajících potřeb lidstva i řadu negativních projevů. V dnešním technickém světě se stále častěji objevují průmyslové havárie a oblast prevence závažných havárií se stala dynamicky se rozvíjejícím oborem reflektujícím fakt, že s rostoucím technickým pokrokem je potřeba snižovat rizika průmyslových havárií.

Z historie je známa celá řada závažných průmyslových havárií, které měly negativní dopad na životy a zdraví lidí, na životní prostředí a v neposlední řadě na majetek.

Pravděpodobně k nejrozsáhlejší průmyslové havárii v Evropě došlo v prosinci 2005 ve skladovacím areálu Buncefield nedaleko Londýna. Při přečerpávání paliva (benzinu) z cisteren do skladovacích nádrží došlo k sérii výbuchů a k následným požárům, které úplně zničily 21 z 26 nádrží na palivo.

Bylo zraněno 40 lidí. Všechny stavební objekty v okruhu dvou kilometrů byly zničeny nebo velmi poškozeny výbuchem a požárem, byla zasažena i obytná zóna, ze které bylo evakuováno přes 3000 lidí.

K havárii došlo v důsledku selhání technického zařízení nádrže, neuzavřel se přírodní ventil, když palivo v nádrži dosáhlo vyznačeného objemu. Tím došlo k přeplnění nádrže a palivo začalo vytékat z nádrže větracími otvory ve střeše. Přetékající palivo se nejen hromadilo v příslušné nádrži obklopující skladovací nádrž, ale v důsledku větru a specifických teplotních podmínek v ovzduší vytvořilo mrak o tloušťce přibližně jeden metr, který se šířil všemi směry a po dosažení kritických hodnot ve směsi došlo k explozím a následným požárům.

S ohledem na následky havárií byla již v roce 1982 zpracována a v roce 1984 novelizována směrnice SEVESO II, která je zaměřena na prevenci rizik závažných havárií v souvislosti s nebezpečnými látkami a na omezení následků těchto havárií na člověka a na životní prostředí. Tato směrnice je v České republice harmonizována zákonem č. 59/2006 Sb. „o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb..

V souvislosti s novelizací zákona o prevenci závažných havárií lze předpokládat zvýšený zájem o hodnocení rizik nezařazených zdrojů rizik závažných havárií.

Jako zdroje rizika nezařazené pod účinnost zákona o prevenci závažných havárií můžeme uvést například potravinářské komplexy (pivovary, mlékárny, masokombináty), sportovní areály (zimní stadióny, koupaliště) a dále úpravný vod, sklady tlakových láhví, čerpací stanice a zásobníky LPG.

Získávané výsledky hodnocení rizik poukazují na nutnost řízení rizik i těchto nezařazených zdrojů rizik, které mohou představovat významná rizika závažných havárií.

Pro hodnocení rizik se používají analýzy rizik, které jsou zaměřeny na identifikaci a kvantifikaci zdrojů rizika. U jednoduše aplikovatelných metod jsou výsledky předkládány jako indexy úrovně rizik (tzv. indexové metody). Pro zdroje rizik s nejhoršími indexy je poté doporučeno provést podrobnou analýzu náročnějšími metodami. Při hodnocení rizik celých průmyslových podniků je nejprve výběr závažných zdrojů rizik a až v druhé fázi detailní kvantitativní hodnocení rizik (QRA) takto vybraných nejzávažnějších zařízení.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Oba tyto přístupy mají za cíl omezit počet detailně hodnocených zařízení v průmyslovém podniku, zjednodušit tak celou analýzu rizik a soustředit pozornost především na nejzávažnější zdroje rizika.

V některých případech může zdroj rizika s podlimitním množstvím nebezpečných látek umístěný například v hustě obydleném území představovat větší ohrožení, než větší zdroj s nadlimitním množstvím umístěný mimo obytná území.

Cílem této diplomové práce je posoudit bezpečnost čerpací stanice pohonných hmot v Brně, v jejíž okolí se nachází nezávisle provozovaná čerpací stanice LPG.

Pro posouzení rizika a rozhodnutí o přijatelnosti rizika souvisejícího s rozvojem uvnitř nebo v okolí posuzovaného objektu bude použita metoda Selekce zdrojů rizika závažné havárie.

Pro odhalení míst s největším potenciálem ztráty a určení rozsahu poškození zařízení a ztrát způsobených přerušením provozu, bude aplikována metoda indexu požáru a výbuchu F&E Index, jejíž výstupem jsou ekonomické škody.

Dílním krokem je analýza příčin a následků poruch, které mohou významně přispívat k havárii a zároveň odhad nejhorších případů následků. Pro tuto analýzu se použije metoda FMEA.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

2 VYBRANÉ ZÁKLADNÍ POJMY

Bod varu - teplota, při které dochází ke změně skupenství látky z kapalného do plynného v celém objemu kapaliny.

Bod tání - teplota, při které dochází ke změně pevného skupenství látky na kapalnou.

Teplota vzplanutí – nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného plaménku krátce vzplanou, ale dále nehoří.

Teplota vznícení – nejnižší možná teplota, při které hořlavá látka začne hořet i bez iniciace otevřeným plamenem.

Samovznícení – vznícení, při kterém je zdrojem energie samozahřívání hořlavé látky. Podmínkou pro samozahřívání, stejně jako pro vznícení je, aby množství vzniklého tepla bylo větší než teplo odváděné do okolního prostředí.

K **samozahřívání** látky může docházet v důsledku různých procesů. Podle procesu, který se v počátcích samozahřívání podílí na zvyšování teploty, dělíme samovznícení na:

- fyzikální,
- chemické,
- biologické.

Oblast výbušnosti – oblastí výbušnost se označuje oblast koncentrací směsi plynu, páry nebo prachu se vzduchem, ve které směs při zapálení zdrojem vznícení vybuchuje. Přitom se hoření samo šíří s velkou rychlostí, aniž by se po zapálení musely přidávat další energie a vzduch.

Mezní koncentrace (v objemových procentech nebo v g/m^3 vzduchu při normálním tlaku) oblasti výbušnosti se označují jako dolní (nejnižší koncentrace hořlavého plynu) a horní (nejvyšší koncentrace hořlavého plynu) mez výbušnosti.

Výbušnost a hořlavost udává, zda je látka hořlavá, případně v jakých koncentračních mezích mohou její páry explodovat.

Rozpustnost ve vodě vyjadřuje maximální množství dané látky, které je možno rozpustit ve vodě za dané teploty eventuálně tlaku.

Barva a zápach subjektivní smyslové vnímání barvy a zápachu NCHL.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Látky se dělí podle **hořlavosti** na :

- látky **nehořlavé**,
- látky **nesnadno hořlavé**,
- látky **hořlavé**.

Za látky **nehořlavé** se považují takové látky, které působením ohně nebo vysoké teploty za normálního tlaku nehoří, nedoutnají ani neuhelnatí (je to převážná většina anorganických látek - cihly, písek, hlína apod.).

Za látky **nesnadno hořlavé** se považují takové látky, které působením vysoké teploty za normálního tlaku jen nesnadno hoří, doutnají nebo uhelnatí a po odstranění tepelného zdroje dále již nehoří ani nedoutnají (jsou to některé plastické hmoty - polyvinylchlorid, vlnitý skleník apod.).

Za látky **hořlavé** se považují takové látky, které působením ohně nebo vysoké teploty hoří nebo doutnají a po odstranění tepelného zdroje dále nepřetržitě hoří nebo doutnají (je to převážná většina organických látek - dřevo, sláma, nafta apod.).

2.1 Požárně technické charakteristiky hořlavých látek

1. Teplota vzplanutí
2. Teplota hoření
3. Teplota vznícení
4. Oblast výbušnosti
5. Teplota samovznícení
6. Teplota žhnutí
7. Výhřevnost
8. Rychlost odhořívání
9. Teplota tání a varu

Teplota hoření je nejnižší teplota hořlavé látky, při níž se tvoří tolik hořlavých par, že se tyto páry při přiblížení otevřeného plaménku vznítí a samy dále hoří.

Teplota žhnutí tuhé látky je nejnižší teplota, při níž bez působení otevřeného plamene dochází ke žhnutí. Ke žhnutí může docházet zejména u prachů a jemně sypkých materiálů. Při tom se zapalují směsi plyných zplodin rozkladu látky a vzduchu. Teplota žhnutí je závislá na tloušťce vrstvy prachu.

Výhřevnost látky (v MJ/ kg) je množství tepla na jednotku hmotnosti, které vznikne při dokonalém spálení látky a které se při požáru může uvolnit. Na rozdíl od spalného tepla nebere se přitom ohled na kondenzační teplo vody vytvořené při spálení látky. Čím je látka výhřevnější, tím více vody potřebujeme na její uhašení.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Rychlost odhořívání - každá látka má svou specifickou rychlost odhořívání. Tato rychlost se uvádí buď hmotnostní ($\text{kg/m}^2/\text{s}$) nebo lineární (mm/s). Konkrétní hodnoty se stanoví na základě laboratorní zkoušky, jejíž postup je pevně stanoven normou.

2.1.1 Rozdělení hořlavých kapalin

Kapalina, suspenze nebo emulze se považuje za hořlavou kapalinu, jestliže splňuje při atmosférickém tlaku 101 kPa současně tyto podmínky:

- není při teplotě $+35^\circ\text{C}$ tuhá ani pastovitá,
- má při teplotě $+50^\circ\text{C}$ tlak nasycených par nejvýše 294 kPa,
- má teplotu vzplanutí nejvýše $+250^\circ\text{C}$,
- lze u ní stanovit teplotu hoření.

2.1.2 Třída nebezpečnosti

Podle teploty vzplanutí se hořlavé kapaliny dělí do čtyř tříd nebezpečnosti:

- třída nebezpečnosti teplota vzplanutí do 21°C ,
- třída nebezpečnosti nad 21°C do 55°C ,
- třída nebezpečnosti nad 55°C do 100°C ,
- třída nebezpečnosti nad 100°C do 250°C .

Hořlavé kapaliny, u kterých nebyla stanovena teplota vzplanutí se považují za hořlavé kapaliny I. třídy nebezpečnosti.

2.1.3 Teplotní třídy

Do následujících teplotních tříd se hořlavé kapaliny dále dělí podle teploty vznícení:

- T1 - teplota vznícení nad 450°C ,
- T2 - teplota vznícení 300 až 450°C ,
- T3 - teplota vznícení 200 až 300°C ,
- T4 - teplota vznícení 135 až 200°C ,
- T5 - teplota vznícení 100 až 135°C ,
- T6 - teplota vznícení 85 až 100°C .

2.1.4 Kemlerův kód

Oranžové výstražné tabulky jsou nejvýznamnějším systémem používaným v celé Evropě v silniční a železniční přepravě nebezpečných látek. Nejčastěji se můžete setkat s následující tabulkou na cisternách, ze kterých se plní benzínová čerpadla:

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

33

1203

V horním poli je dvou až třímístné číslo, které se nazývá **kód nebezpečnosti** (rizikovosti) neboli **Kemlerův kód**. Popisuje základní vlastnosti látky, např. číslice 3 znamená hořlavost, číslice 6 jedovatost, 8 znamená žíravost apod., přičemž zdvojení téže číslice znamená zvýšení téhož nebezpečí. V tomto případě 33 znamená velmi hořlavou látku.

Spodní číslo oranžové tabulky je tzv. **identifikační číslo** látky, neboli **UN-kód** a je pro každou látku jiné. Na výše uvedeném příkladu je uveden kód 1203, který je identifikačním číslem automobilního benzínu.

3 PŘEHLED METOD PRO ANALÝZU RIZIK

3.1 Pojem riziko

Riziko je v komplexním pojetí chápáno jako relace mezi očekávanou ztrátou (života, majetku, či poškození zdraví) a neurčitostí uvažované ztráty (vyjádřenou zpravidla pravděpodobností nebo frekvencí výskytu).

Někdy se pojem riziko redukuje na pravděpodobnost, se kterou dojde za definovaných podmínek expozice k projevu nepříznivého účinku.

Riziko se rovná nule pouze v případě, že expozice dané látce nenastává, tedy je nulová.

3.2 Základní metody pro analýzu rizik

Pro identifikaci nebezpečí nebo pro posouzení rizika (pro tzv. bezpečnostní studii) se používá několik metod.

a) Identifikace zdrojů rizika

- Screeningové metody – IAEA – TEC DOC 727
- Indexové metody - Index požáru a výbuchu F&EI
 - Index chemického ohrožení C&EI
- Selektivní metody - Selektivní metoda dle CPR 18E
 - Selektivní metoda dle metodiky ARAMIS

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

b) Hodnocení rizika

- Strom událostí - Event Tree (ETA)
- Strom poruch - Fault Tree (FTA)
- HAZOP - Hazard and Operability Study

c) Modelování následků závažných havárií

- ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres
- EFFECTS
- SAFETI

d) Hodnocení přijatelnosti rizika vzniku závažných havárií

- IAEA – TECDOC – 727

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

4 ČERPACÍ STANICE PHM

4.1 Poloha čerpací stanice

Na obr. 4.1 je vidět poloha čerpací stanice pohonných hmot.



Obrázek 4.1 Poloha čerpací stanice pohonných hmot

Schéma čerpací stanice je v Příloze 1.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

4.2 Popis technologického procesu

Pohonné látky (PHM) jsou skladovány v jedné podzemní dvouplášťové nádrži. PHM jsou do uskladňovací nádrže plněny přes tří vtokovou ocelovou nepropustnou stáčecí šachtu.

Proti plnění jsou uskladňovací nádrže při stáčení chráněny signalizačním zařízením se světelnou a akustickou signalizací. Plnicí armatura je vybavena stáčecím ovladačem, který uzavírá stáčecí potrubí při dosažení 95 % kapacity objemu komory nádrže – při plném průtoku stáčené kapaliny.

4.2.1 Stáčecí zařízení

Před stáčením je autocisterna připojena vodivě na uzemňovací bod. Stáčení PHM z cisternových vozidel se provádí hadicí, která se napojuje na koncová šroubení stáčecí šachty. Zároveň se připojí uzemňovací kabel na zemnicí svorku pro odvod statické elektřiny a hadice DN 50 se napojí na potrubí zpětného odvodu par. Stáčení se provádí samospádem. Pro napojení stáčecí hadice CA, hadice zpětného odvodu par na propojení parního prostoru CA a skladovací nádrže jsou použity rychlospojky. Šachta je nepropustná s uzamykatelným poklopem a je upravena pro zpětný odvod par plyných uhlovodíků benzínů.

4.2.2 Výdejní zařízení

K plnění automobilů slouží 3 výdejní stojany umístěné na třech refýžích. Výdej PHM do vozidel je uskutečňován na 6 výdejních místech s výdejem produktu dle stojanu (2 x (NAT95) + 2 x (MN + NAT95) + 2 x (MN MAX (80 l/min) + MN (BIO Diesel) + NAT95)).

4.3 Podzemní uskladňovací nádrže

Byla použita ocelová ležatá beztlaková dvouplášťová nádrž, která je uložena v okolním terénu. Nádrž je dělená o objemu 100 m³ (30/12/50/8 m³) na průměru 2900 mm. Pro úkapy je použita komora o objemu 8 m³.

4.3.1 Třída nebezpečnosti hořlavých kapalin

Třída nebezpečnosti je stanovena dle ČSN 65 0201:

30 m ³	motorová nafta	III. třída nebezpečnosti
12 m ³	BIO diesel (motorová nafta)	III. třída nebezpečnosti
50 m ³	benzín naturál 95	I. třída nebezpečnosti
8 m ³	úkapy	I. třída nebezpečnosti

4.3.2 Podzemní nádrž

Nádrž je uložena v pískovém zásypu na betonové základové desce, ke které je ukotvena. Nádrž byla po dopravení na stavbu před provedením izolace odzkoušena na těsnost a byla provedena zkouška na průrazové napětí pro neporušenost a odolnost izolace, dále byla na stavbě po uložení nádrže provedena tlaková zkouška meziprostoru nádrže a jiskrová zkouška nádrže.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

4.3.3 Popis nádrže

Nádrž je opatřena dómy o průměru 700 mm, pro každou komoru je jeden průlez. V nádrži jsou celkem 4 komory a pro každou komoru jeden poklop. Nádrže jsou izolovány proti korozi.

Nádrže jsou vybaveny jistícím systémem proti přeplnění a úniku kapaliny. Všechny dvouplášťové nádrže jsou opatřeny dvěma hrdly DN 25 a trubkou 2", spojenými s meziplášťovým prostorem nádrže, které slouží k indikaci netěsnosti plášťů nádrže. Nádrž je dále vybavena ocelovými šachtami o půdorysném rozměru 1200 x 1000 mm (produktové komory). Nad komorou pro úkapy je šachta o půdorysném rozměru 1000 x 1000 mm. Šachty jsou dále vybaveny příslušnými uzamykatelnými poklopy. Všechny poklopy jsou propojeny a připojeny na zemnicí soustavu ČS. Rám poklopu, spodní část šachty a poklop jsou uzemněné. Jednotlivé šachty jsou označeny číslem nádrže a druhem produktu.

4.3.4 Ochranný a kontrolní systém těsnosti meziplášťového prostoru nádrže a potrubí

Meziplášť nádrže

Vodohospodářská norma ČSN 75 3415 ukládá sledovat neporušenost obou plášťů nádrže. Pro zajištění tohoto požadavku je instalováno zařízení kapalně čidlo Dinel CPS-24Xi. Sonda je zavedena do nejnižšího místa mezipláště nádrže. Signalizační skříňka a vyhodnocovací zařízení je umístěno v kiosku čerpací stanice.

Meziplášť plnicího a sacího potrubí

Pro sledování těsnosti mezipláště plnicího a sacího potrubí je instalováno čidlo kapalin Dinel CPS-24Xi, které je umístěno ve sběrné jímce, která je upravena pro potřebný počet vstupů z meziplášťů potrubí a umístěna v šachtě nad nádrží. Z mezipláště potrubí je přivedena trubička do sběrné jímky a případné porušení pláště(-tů) bude signalizováno čidlem kapalin.

Přeplnění nádrže

Signalizace přeplnění nádrže je řešena instalovaným plovákovým spínačem s podružným rozvaděčem a signalizací. Tímto zařízením je signalizována min., max. hladina a přeplnění nádrže nad 97 % objemu.

4.4 Stanovení zón nebezpečnosti

Zařazení prostorů výdejních stojanů

Vnitřní prostor potrubí a částí, kterými je opravována hořlavá kapalina, u nichž není zaručeno trvalé zaplnění kapalinou a vnitřní prostor zařízení a potrubí pro zpětné odsávání par jsou zařazeny do zóny **0 – Z0 IIA, T3**.

Vnitřní prostor výdejního stojanu, ve kterém jsou umístěny části obsahující dopravovanou hořlavou kapalinu jsou zařazeny do zóny **1 – Z1 IIA, T3**.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

V bezprostředním okolí skříně, která obsahuje části s dopravovanou hořlavou kapalinou a v prostorech do vzdálenosti 50 mm nad horní okraj skříně a do vzdálenosti 200 mm od horní hrany skříně až k zemi je prostor zařazen do zóny **2 – Z2 IIA, T3**.

Skříňová nástavba výdejního stojanu (včetně zobrazovací jednotky) je zařazena do prostoru bez **nebezpeční výbuchu**.

Pro stojany určené výhradně pro výdej motorové nafty je v okolí uvnitř stojanu prostor bez **nebezpečí výbuchu**.

Zobrazení zón nebezpečnosti viz Příloha 2.

4.5 Provozní podmínky

Do pásma zóny 1 stanovené pro stáčení z autocisterny bude po dobu stáčení a 20 minut po dokončení stáčení zákaz vjezdu jiných motorových vozidel.

Během stáčení CA (autocisterny) nesmí být v zasaženém prostoru (Zóna 1) v provozu žádné elektrické zařízení (vysavač, kompresor, osvětlení, osvětlené reklamní panely) – nutno vypnout v rozvaděči.

S ohledem na použité plamenojistky na víkách nádrží je nutno s ohledem na správnou funkci zpětného odvodu par při stáčení CA dodržovat minimální doby propojení parních prostorů podzemních nádrží a CA – orientační doby viz. Tabulka 4.1:

Tabulka 4.1 Doby propojení parních prostorů podzemních nádrží:

Množství stáčeného produktu z CA do podzemních nádrží v litrech:	Minimální doba propojení parních prostor nádrží a CA od začátku stáčení v minutách
500	1
1000	2
2000	4
5000	10
10000	20
15000	30
20000	40
25000	50
30000	60
35000	70
40000	80

S ohledem na použité plamenojistky (DN 50) je nutno dodržet min.dobu propojení parních prostor nádrží a CA od začátku stáčení – tabulka je vytvořena pro jeden stáčený produkt.

4.5.1 Stáčení pohonných hmot

Stáčení pohonných hmot z autocisterny může být zahájeno po uzemnění vozidla nejdříve za 20 minut.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Stáčení z automobilových cisteren do středně velkých nádrží se provádí pomocí flexibilních hadic a to buď samospádem nebo pomocí čerpadla umístěného na cisterně. Nebezpečí iniciace statickou elektřinou může vznikat jiskření z izolovaných vodičů (např. spojky hadic nebo automobilové cisterny jako celku), trsovými výboji z nevodivých hadic nebo trsovými výboji uvnitř plněné nádrže.

Proto se doporučuje provedení dále uvedených ochranných opatření:

- má se používat vodivých nebo polovodivých hadic, [12]
- zajistit vodivé propojení všech kovových spojek a cisterny s plněnou nádrží. Není to nutné u vodivých nebo polovodivých hadic, protože propojení je již zajištěno hadicí,
- při propojování vozidla s plněnou nádrží nejprve připojit hadice na automobilovou cisternu a teprve potom, před tím než neodstraní krytku stáčecího potrubí nádrže nebo provede jakékoliv jiné hadicové propojení, se vyrovnají potenciály dotekem připojovací koncovky hadice na krytku stáčecího potrubí nádrže nebo jakékoliv jiné kovové části nádrže, [12]
- pokud není překročena maximálně bezpečná plnicí rychlost pro nádrže střední velikosti, neočekává se uvnitř nádrže vznik nebezpečné iniciace. Pokud obsahuje kapalina však druhou složku, má být plnicí rychlost omezena na 1 m/s,
- má být pravidelně kontrolována kontinuita vodivých hadic.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

5 ČERPACÍ STANICE LPG

5.1 Poloha čerpací stanice

Na obr. 5.1 je vidět poloha čerpací stanice LPG.



Obrázek 5.1 Poloha čerpací stanice LPG

Schéma čerpací stanice LPG viz Příloha 3.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

5.2 Účel zařízení

Čerpací stanice LPG slouží k plnění kovových tlakových nádob propan – butanem (PB), které jsou pevně zabudované v motorových vozidlech. Plnění probíhá přes výdejní stojan.

Čerpací stanice LPG se skládá z následujícího technologického zařízení:

- nadzemní zásobník
- dopravní zařízení
- výdejní stojan LPG

Tyto části jsou vzájemně propojeny potrubím.

Toto technologické zařízení je zabezpečeno bezpečnostními zařízeními, která vyžadují současně platné předpisy a normy pro uvažovaný způsob provozu. Může se provozovat v průběhu celého roku.

5.3 Popis čerpací stanice

5.3.1 Čerpací stanice PB

Sestává z těchto částí:

- tlakový zásobník PB objem 4850 l
- dopravní zařízení PB
- potrubní rozvody PB
- výdejní zařízení PB
- elektrický rozvaděč ČS
- zabezpečovací zařízení

5.3.2 Tlakový zásobník PB

Úložiště LPG je tvořeno dvěma tlakovými zásobníky LPG, objemu 4850 l. Zásobníky jsou kotveny k betonovým patkám kotevními šrouby. Mezi zásobníky je přístupové schodiště s plošinou, které slouží k přístupu k armaturám umístěným na zásobnících.

Výrobce: Východočeské plynárenské strojírný a.s., ROSICE

- | | |
|---------------------|----------------------|
| - geometrický objem | 4850 dm ³ |
| - maximální plnění | 85 % |
| - druh produktu | kapalný PB |
| - provedení | nadzemní |
| - celková hmotnost | 880 kg |
| - provozní přetlak | 1,56 MPa |
| - zkušební přetlak | 2,1 MPa |
| - provozní teplota | +40/-20°C |
| - rozměry: - délka | 4260 mm |
| - průměr | 1250 mm |

Zásobník je plněn pomocí stáčecí hadice autocisterny do 85 % maximálního objemu. Tato hodnota je červeně označena na plovoucím stavoznaku zásobníku. Zásobník má povrchovou úpravu, která odráží sluneční záření.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

5.3.3 Dopravní zařízení PB

Dopravní zařízení je zařízení, kterým se dopravuje kapalný PB ze zásobníku do výdejního zařízení. Tvoří je čerpadlo s elektromotorem umístěném na ocelovém rámu, který je kotven k betonovému základu kotevními šrouby.

Dále je součástí zařízení filtr, přepouštěcí ventil, pojistný ventil, manometr, zpětný ventil a kohouty pro odkalování se zátkami.

5.3.4 Potrubní rozvody PB

Rozvody ze zásobníků k čerpadlu s motorem a dále k výdejnímu stojanu jsou klasifikovány jako vysokotlaké – kapalná fáze LPG. Potrubní rozvody mezi zásobníky a dále k čerpadlu s motorem jsou nadzemní, odtud jsou vedeny k výdejnímu stojanu pod zemí.

Podzemní trasy potrubí se ukládají do hloubky cca 80 cm pod úroveň upraveného terénu do pískového lože minimální tloušťky 10 cm s prosátým obsypem. Obsypový materiál nesmí obsahovat ostrohranné složky, které by mohly způsobit poškození izolace.

Rozvodné potrubí kapalné fáze je spádováno nejméně 0,5 % směrem k čerpadlu.

5.3.5 Výdejní zařízení PB

Výdejní zařízení slouží k výdeji a měření PB v kapalném stavu.

Technické parametry:

- maximální průtok	50 dm ³ /min.
- minimální průtok	5 dm ³ /min.
- nejmenší odběr	5 dm ³
- cyklický objem	0,5 dm ³
- měřená kapalina	kapalné plyny
- teplota kapaliny	-20/+50°C
- maximální provozní tlak	1,6 MPa

Výdejní stojan je přišroubován k základovému rámu kotvenému do betonového základu s betonovou šachtou, do které jsou vyvedeny ocelové potrubí kapalně i plynné fáze PB. Betonová šachta je vysypána pískem.

5.3.6 Zabezpečovací zařízení

Toto zařízení chrání jednotlivé komponenty ČS před poškozením nebo zničením. uskladňovací zásobníky jsou zabezpečeny proti překročení přetlaku 1,56 MPa pojistným ventilem a potrubní rozvod je také chráněn pojistným ventilem.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

5.4 Popis funkce ČS

Kapalný PB se odebírá ze spodní části zásobníků, kde je umístěn uzavírací kuličkový kohout. Sací potrubí obou zásobníků je propojeno a vedeno přes filtr do čerpadla a odtud k výdejnímu zařízení. Dojde-li za čerpadlem ke stoupnutí přetlaku nad nastavenou hodnotu přepouštěcího ventilu, přebytečná kapalná fáze PB je vrácena do zásobníku. Ventily kapalné fáze na zásobnících jsou propojeny potrubím, do kterého je napojeno zpětné přepouštěcí potrubí. Taktéž jsou propojeny ventily plynné fáze. Zpětné potrubí od výdejního zařízení je zavedeno do potrubí přepouštěcím ventilem.

Ve výdejním zařízení dojde k odloučení případného plynu od kapaliny a tento je vrácen zpětným potrubím.

Kapalná fáze PB je dodávána přes měřicí zařízení do nádrže auta. V případě naplnění nádrže auto na vrchní hodnotu 85 % objemu uzavře multiventil ventil této nádrže další plnění PB. Tato skutečnost se projeví na ČS tak, že kapalná fáze PB je v plném rozsahu vrácena zpět do zásobníku.

5.5 Stáčení autocisterny

Stáčení kapalného LPG se provádí z autocisteren do tlakového zásobníku pomocí tlakové hadice připojené přímo na tlakový zásobník. LPG z autocisterny se dopravuje čerpadlem umístěným přímo na vozidle. Autocisterna při stáčení LPG stojí ve vyhrazeném vodorovném prostoru (na komunikaci je vyznačen žlutou čarou), označeném zákazem vjezdu pro jiná vozidla během stáčení. Během stáčení je autocisterna zabrzděna, motor vypnut a stojí tak, aby mohla bez problémů odjet směrem od plnicího hrdal po směru jízdy. Během stáčení musí být autocisterna uzemněna.

Při stáčení nesmí kolem autocisterny projíždět žádná vozidla a stáčecí prostor musí být opatřen bezpečnostními tabulkami. Během stáčení LPG z autocisterny do zásobníku musí být přerušen provoz výdejního stojanu LPG.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

6 VLASTNOSTI NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

6.1 Složení benzínu

6.1.1 Chemická charakteristika

Složité směs uhlovodíků vroucích v rozmezí asi 30 °C až 210 °C s obsahem aromatických uhlovodíků do 35 % V/V a obsahem benzenu do 1 % V/V. Pro zlepšení užitečných vlastností mohou obsahovat vhodná aditiva – antidektonační, detergentní, antioxičáční aj. Typ „Speciál“ obsahuje speciální přísadu na ochranu ventilových sedel. Bezolovnaté automobilové benzíny mohou jako komponenty obsahovat také různé kyslíkaté sloučeniny s vyhovujícími vlastnostmi v množství daném platnou normou, přičemž celkový obsah kyslíku nesmí překročit 2,7 m/m.

6.1.2 Nebezpečné chemické látky

Tabulka 6.1 Nebezpečné chemické látky v benzínu

Název CHL	Obsah CHL ve výrobku v %	Číslo ES	Číslo CAS	Symboly	R-věty
Benzin; Nízkovroucí benzinová frakce – nespecifikovaná (z toho benzen)	≥ 83 (≤ 1)	289-220-8 (200-753-7)	86290-81-5 (71-43-2)	F+, T, Xn (F, T)	12-45-65 (11-45-48/23/24/25)
Methyl terc. butyl ether (MTBE)	≤ 15	216-653-1	1634-04-4	F, Xi	11-36/37/38
Ethyl terc. butyl ether (ETBE)	≤ 15	211-309-7	637-92-3	F	11
Methanol; methylalkohol	≤ 1	200-659-6	67-56-1	F, T	11-23/24/25-39/23/24/25
Ethanol; ethylalkohol	≤ 5	200-578-6	64-17-5	F	11

6.1.3 Údaje o nebezpečnosti přípravku

Charakteristika

Výrobek je podle zákona č. 356/2003 Sb. klasifikován jako nebezpečný.

Klasifikace:

extrémně hořlavý
karcinogenní kat. 2
nebezpečný pro životní prostředí
zdraví škodlivý

Symboly:

F+

N
Xn

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Značení obalů

podle zákona č. 356/2003 Sb.:

Symbol: **F+, T**

Indikace nebezpečí: extrémně hořlavý, karcinogenní kat. 2, zdraví škodlivý

Obsahuje:

Benzin (ES 289-220-8) – min. 83 % (V/V). Obsah benzenu (ES 200-753-7) – max. 1,0 % (V/V)

CH₃OH (ES 200-659-6) – max. 1 % (V/V). MTBE (ES 216-653-1) – max. 15 % (V/V)

C₂H₅OH (ES 200-578-6) – max. 5 % (V/V). ETBE (ES 211-309-7) – max. 15 % (V/V)

R-věty: 12-45-65-66-67

S-věty: (2)-7-16-33-43-45-53-61-62

Seznam R-vět a S-vět

Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty):

R 11	Vysoce hořlavý.
R 12	Extrémně hořlavý.
R 45	Může vyvolat rakovinu.
R 65	Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic.
R 66	Opakovaná expozice může způsobit vysušování nebo popraskání kůže.
R 67	Vdechování par může způsobit ospalost a závratě.
R 23/24/25	Toxický při vdechování, styku s kůží a požití.
R 36/37/38	Dráždí oči, dýchací orgány a kůži.
R 39/23/24/25	Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a požití.
R 48/23/24/25	Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při vdechování, styku s kůží a požití.

Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty):

S (2)	Uchovávejte mimo dosah dětí.
S 7	Uchovávejte obal těsně uzavřený.
S 16	Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení – Zákaz kouření.
S 33	Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny.
S 43	V případě požáru použijte vzduchovou hasící pěnu, hasící prášek nebo CO ₂ . Voda je vhodná pouze na ochlazení.
S 45	V případě úrazu nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).
S 53	Zamezte expozici, před použitím si obzorejte speciální instrukce.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

- S 61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.
- S 62 Při požití nevyvolávejte zvracení: okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení R-věta: 12-45-65-66-67.

6.1.4 Fyzikální a chemické vlastnosti látky

Všeobecné informace

Skupenství při 20 °C:	kapalina
Barva:	slabě nažloutlá (u druhu „Speciál“ oranžovočervená)
Zápach (vůně):	typicky benzínový

Důležité informace

Hustota (při 15 °C):	720 až 775 kg/m ³
Rozmezí bodu varu:	30 až 210 °C
Relativní hustota par:	cca 3,5 (vzduch = 1)
Tlak par podle Reida:	35 až 90 kPa
Bod vzplanutí:	pod -20 °C
Bod hoření:	pod -20 °C
Koncentrační meze výbušnosti:	
horní mez:	8,0 % obj.
dolní mez:	0,6 % obj.
Mezní experimentální bezpečná spára:	> 0,9 mm
Rozpustnost ve vodě:	nepatrná

Další informace

Teplota vznícení:	cca 340 °C
Bod tekutosti:	< -40 °C

6.1.5 Účinky na člověka a na životní prostředí

Nebezpečí pro lidské zdraví

Při požití a následném zvracení se může přípravek dostat do plic a vyvolat jejich poškození.

Místně odmašťují a dráždí pokožku.

Páry mohou působit narkoticky, způsobovat bolesti hlavy, žaludeční nevolnost, dráždění očí a dýchacích cest.

Nebezpečí pro životní prostředí

Působí škodlivě na vodu a půdu. Je třeba zabránit průniku automobilových benzínů do spodních a povrchových vod a kontaminaci půdy.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Nebezpečné fyzikálně chemické účinky

Extrémně hořlavá kapalina.
Páry tvoří se vzduchem výbušnou směs. Produkt může akumulovat statickou elektřinu.

6.1.6 Pokyny pro první pomoc

Všeobecné pokyny

Při manipulaci dodržovat pracovní hygienu. Oděv a obuv zasažené přípravkem okamžitě vysvléknout a vyzout. Při nebezpečí ztráty vědomí dopravovat ve stabilizované poloze.

Expozice vdechováním

Přemístit postiženého na čerstvý vzduch, tělesný klid, nenechat chodit. Pokud postižený dýchá nepravidelně nebo došlo-li k zástavě dechu, zavést umělé dýchání. Zavolat lékařskou pomoc.

Styk s kůží

Při kontaktu pokožky s přípravkem urychleně postižené místo důkladně omýt vodou a mýdlem, ošetřit vhodným krémem.

Zasažení očí

Vymývat minimálně 15 minut proudem pokud možno vlažné vody. Zajistit lékařské ošetření.

Požiti

Vypláchnout ústa vodou, dát pít vodu, nikdy nevyvolávat zvracení, aby produkt nemohl vniknout do plic. Vyhledat urychleně lékařské ošetření.

6.1.7 Opatření pro hasební zásah

Vhodná hasiva

Hasicí prášek, hasicí pěna, CO₂, apod.

Nevhodná hasiva

Proud vody (vhodná pouze na chlazení).

Zvláštní nebezpečí

Páry tvoří se vzduchem výbušnou směs. Na vzduchu hoří čadivým plamenem. Může uvolňovat oxid uhelnatý.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Zvláštní ochranné prostředky pro hasiče

Zásahové jednotky vystaveny kouři nebo parám musí být vybaveny prostředky pro ochranu dýchání a očí. Při zásahu v uzavřených prostorech je nutno použít izolační dýchací přístroj.

6.1.8 Toxikologické vlastnosti látky

Akutní toxicita

Neudávána.

Pro jednotlivé látky se uvádějí následující hodnoty:

benzin MTBE

LD₅₀, orálně (potkan) 92 000 mg/kg 4 000 mg/kg

LD₅₀, dermálně (potkan) > 2 000 mg/kg

LD₅₀, intravenózně (potkan) 148 mg/kg

LC₅₀, inhalačně (potkan) 23 576 mg/kg za 4 h

Specifické syndromy

Benzín napadá nervový systém a jeho páry ve vyšších koncentracích působí narkoticky a mohou způsobit křeče i smrt. Obsahuje také benzen v koncentraci 0,1 až 5 % (V/V), který má závažné biologické účinky a poškozuje tvorbu krvinek. Při dlouhotrvajícím a intenzivním kožním kontaktu dochází k vysušení a silnému podráždění pokožky (dermatitis – zánět kůže).

TCL₀, inhalačně (potkan) – 100 mg/m³ za 4 h a 17 týdnů – změny v krvi, biochemické změny.

6.1.9 Informace pro přepravu přípravku

Přeprava produktu se provádí v železničních cisternách, autocisternách nebo produktovodem. Pojmenování a označení podle evropské dohody o přepravě nebezpečného zboží RID/ADR v platném znění:

ADR:	BENZÍN
UN číslo:	1203
Bezpečnostní značka:	3
Třída:	3 I.
číslo nebezpečnosti:	33
Obalová skupina:	II
Typ vozidla dle ADR:	FL

Kemlerův kód:

33
1203

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

6.2 Složení nafty

Motorové palivo pro vznětové motory.

6.2.1 Nebezpečné chemické látky

Tabulka 6.2 Nebezpečné chemické látky v naftě

Název CHL	Obsah CHL ve výrobku v %	Číslo ES	CAS	Symbole	R-věty
Plynový olej - nespecifikovaný	≥ 95	269-822-7	68334-30-5	Xn	40-65
Methylestery mastných kyselin (FAME)	≤ 5	287-828-8	85586-25-0	Xi	36 -38

6.2.2 Údaje o nebezpečnosti přípravku

Tento výrobek je klasifikován podle zákona č. 356/2003 Sb. v platném znění jako nebezpečný.

Klasifikace:

Karcinogenní kat. 3
zdraví škodlivý

Symbol:

Xn

Značení obalů

Symbol:

Indikace nebezpečí:

Obsahuje:

Xn

karcinogenní kat. 3, zdraví škodlivý
plynový olej nespecifikovaný,
methylestery mastných kyselin (FAME)

R-věty: 40-65-66

S-věty: 2-36/37-61-62

Seznam R-vět a S-vět

Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty):

R 40 Možné nebezpečí nevratných účinků
R 65 Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic
R 66 Opakovaná expozice může způsobit vysušování nebo popraskání kůže

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty):

S 2	Uchovávejte mimo dosah dětí
S 36/37	Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice
S 61	Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy
S 62	Při požití nevyvolávejte zvracení: okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení

6.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti přípravku

Všeobecné informace

Skupenství při 20 °C:	kapalina
Barva:	nažloutlá
Zápach (vůně):	charakteristický pro motorovou naftu

Důležité informace

Hustota (při 15 °C):	820 až 845 kg/m ³
Rozmezí bodu varu:	180 až 370 °C
Bod vzplanutí:	nad 55 °C
Bod hoření:	nad 80 °C
Koncentrační meze výbušnosti:	
horní mez:	6,5 % obj.
dolní mez:	0,6 % obj.
Mezní experimentální bezpečná spára:	> 0,9 mm
Rozpustnost ve vodě:	nepatrně rozpustná
Kinematická viskozita při 40 °C:	2,0 až 4,5 mm ² /s

Další informace

Relativní hustota par:	cca 6 (vzduch 1)
Teplota vznícení:	nad 250 °C
Bod tekutosti:	< 0 °C

6.2.4 Účinky na člověka a na životní prostředí

Nebezpečí pro lidské zdraví

Při požití a následném zvracení se může přípravek dostat do plic a vyvolat jejich poškození. Přípravek je podezřelý v případě často opakovaného kontaktu s kůží z možného karcinogenního účinku.

Opakovaná expozice může také způsobit vysušení a následné popraskání kůže.

Inhalace par nebo mlhy může dráždit dýchací cesty.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Nebezpečí pro životní prostředí

Přípravek znečišťuje vodu, a je proto nutné zabránit průniku do spodních a povrchových vod a kontaminaci půdy.

Nebezpečné fyzikálně chemické účinky

Hořlavá kapalina. Nebezpečí hoření hrozí v případě zahřátí nad teplotu bodu vzplanutí. Při zvýšené teplotě může dojít k odpaření organických těkavých látek.

6.2.5 Pokyny pro první pomoc

Všeobecné pokyny

Při manipulaci dodržovat pracovní hygienu. Oděv a obuv zasažené přípravkem okamžitě vysvléknout a vyzout.

Expozice vdechováním

Přemístit postiženého na čerstvý vzduch. Pokud postižený dýchá nepravidelně nebo došlo-li k zástavě dechu, zavést umělé dýchání. Při bezvědomí postiženého zajistit ve stabilizované poloze. Okamžitě zavolat lékařskou pomoc.

Styk s kůží

Při kontaktu pokožky s přípravkem urychleně postižené místo důkladně omýt vodou a mýdlem, ošetřit vhodným krémem.

Zasažení očí

Vymývat minimálně 15 minut proudem pokud možno vlažné vody. V případě přetrvávajícího podráždění vyhledat lékaře.

Požítí

Vypláchnout ústa vodou, nikdy nevyvolávat zvracení, aby produkt nemohl vniknout do plic. Vyhledat urychleně lékařské ošetření.

6.2.6 Opatření pro hasební zásah

Vhodná hasiva

Hasicí prášek, hasicí pěna, CO₂, apod.

Nevhodná hasiva

Proud vody

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Zvláštní nebezpečí

Produkty hoření a nebezpečné plyny: kouř, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, oxidy dusíku.

Zvláštní ochranné prostředky pro hasiče

Zásahové jednotky vystaveny kouři nebo parám musí být vybaveny prostředky pro ochranu dýchání a očí. Při zásahu v uzavřených prostorech je nutno použít izolační dýchací přístroj.

6.2.7 Toxikologické vlastnosti látky

Pro plynový olej

Pro plynový olej se uvádí následující hodnoty:

Orální toxicita LD ₅₀ (potkan)	> 2000 mg/kg
Dermální toxicita (potkan)	> 5 ml/kg
LC ₅₀	není známo

Subchronická-chronická toxicita

Páry plynového oleje mohou působit narkoticky, způsobují bolesti hlavy, žaludeční nevolnost, dráždění očí a dýchacích cest. Chronické působení par může vyvolat polyneuritidy a svalové atrofie.

Podle dosud získaných údajů s produkty obdobného složení je možno usuzovat na mírný rakovinotvorný potenciál pro zvířecí kůži. Neexistují však žádné důkazy, že toto působení za předpokladu dodržování manipulačních zásad platí i pro člověka.

6.2.8 Informace pro přepravu přípravku

Přeprava produktu se provádí v železničních cisternách, autocisternách nebo produktovodem.

ADR:	NAFTA MOTOROVÁ
UN číslo:	1202
Bezpečnostní značka:	3
Třída:	3 I.
číslo nebezpečnosti:	30
Obalová skupina:	II
Typ vozidla dle ADR:	AT

Kemlerův kód:

30
1202

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

6.3 Složení LPG (Liquefied Petroleum Gas)

Zkapalněný uhlovodíkový plyn používaný pro pohon motorových vozidel.

6.3.1 Nebezpečné chemické látky

Výrobek se dodává jako směs převážně uhlovodíků C3 a C4 a má vlastnosti určené normou ČSN EN 589.

Směs obsahuje tyto nebezpečné látky:

Propan

Číslo CAS:	74-98-6
Číslo ES (EINECS):	200-827-9
Indexové číslo:	601-003-00-5
Klasifikace:	F+, R12
Výstražný symbol nebezpečnosti:	F+
R – věta:	R 12
S – věta:	S (2-)9-16

Butan

Číslo CAS:	106-97-8
Číslo ES (EINECS):	203-448-7
Klasifikace:	F+, R12
Výstražný symbol nebezpečnosti:	F+
R – věta:	R 12
S – věta:	S (2-)9-16

Chemický název

C2 – uhlovodíky,
C4 – uhlovodíky,
vyšší uhlovodíky,
inerty.

6.3.2 Údaje o nebezpečnosti přípravku

Extrémně hořlavá, snadno vznětlivá látka

Klasifikace: F+, R12

Výstražný symbol nebezpečnosti: F+

R - věta: R12
S – věta: S(2-)9-16

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Seznam R-vět a S-vět

Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty):

R 12 Extrémně hořlavý

Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty):

S (2) (Uchovávejte mimo dosah dětí).
S 9 Uchovávejte obal na dobře větraném místě.
S 16 Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření.

6.3.3 Fyzikální a chemické vlastnosti přípravku

Všeobecné informace

Skupenství (při 20 °C): plyn nebo kapalina (v uzavřené nádobě při vyšším tlaku)
Barva: bezbarvý
Zápach (vůně): typický po odorantu

Důležité informace

Teplota tání: cca - 138 až - 186°C
Teplota varu: cca - 42 až - 0,5°C (podle složení)
Bod vzplanutí: cca - 69 až - 60°C (podle složení)
Hořlavost: extrémně hořlavý
Meze výbušnosti:
horní mez: až 9,5 % obj. (podle složení)
dolní mez: od 1,5 % obj. (podle složení)
Oxidační vlastnosti: nemá
Tenze par: při 20°C 200 až 900 kPa (podle složení)
Požadavek ČSN EN 589: v období od 1.10. do 31.5. absolutní tlak par při -5°C min. 250 kPa
Hustota:
kapalina: 498 až 578 kg/m³ při 20°C (podle složení)
Rozpustnost (při 20°C):
- ve vodě: nepatrná
- v tucích: nezjištěno
- rozpustný: v ethanolu, diethyletheru, benzenu, trichlormethanu, chloroformu

Další informace

Bod vznícení: cca 400 až 450°C (podle složení)
Relativní hustota par (vzduch = 1): 1,5 až 2 (podle složení)

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Poznámka: některé výše uvedené údaje jsou pro krajní meze směsi (propan, butan).

6.3.4 Účinky na člověka a životní prostředí

Nebezpečí pro lidské zdraví

Mírně nebezpečná látka, plyn má narkotický účinek, styk s kapalinou působí omrzliny.

Nebezpečí pro životní prostředí

Nejsou známy závažné účinky.

6.3.5 Pokyny pro první pomoc

Příznaky zasažení

Slabost, závrať, únava, nevolnost, svalová slabost, případně vzrušení, křeče, nepravidelné dýchání, bezvědomí, při zasažení kapalinou omrzlé části těla jsou bíle zbarvené.

Všeobecné pokyny

Při zasažení opustit zamořené místo, odstranit potřísněný nebo nasáknutý oděv, kontrola základních životních funkcí (krevní oběh, dýchání, vědomí), prevence podchlazení.

Při bezvědomí se spontánním dýcháním a oběhem uložení do stabilizované polohy (na boku, hlava zakloněna).

Při zástavě dýchání a oběhu okamžitá resuscitace - masáž srdce, umělé dýchání.

Přivolat ihned odbornou zdravotnickou pomoc.

Expozice vdechováním

Přenést na čerstvý vzduch, popř. umělé dýchání, event. dodání kyslíku.

Styk s kůží

Při zasažení kůže studenou kapalinou postižené místo dlouhodobě smáčet vlažnou vodou, potřísněný oděv odstranit, proti šoková opatření.

Zasažení očí

Vyplachovat mírným proudem vlažné vody po dobu minimálně 20 minut (i pod víčky).

Požitií

Neaplikuje se.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

6.3.6 Opatření pro hasební zásah

Vhodná hasiva

Střední pěna, hasicí prášky, vodní mlha, tříštěné vodní proudy, oxid uhličitý; při požárech zkapalněného plynu používat přednostně střední pěnu.

Nevhodná hasiva

Vodní proud.

Zvláštní nebezpečí

Přípravek je extrémně hořlavá látka. Uvolněná kapalina přechází velmi rychle do plynného stavu, tvoří se velké množství chladné mlhy. Plyn i mlha jsou těžší vzduchu a šíří se daleko do okolí, tvoří se vzduchem výbušnou směs. Uvolněný plyn může vytěsnit vzduch z místnosti a může dojít k zadušení (z 1 kg kapalné fáze při 20 °C a 0,1 MPa vznikne několik set litrů plynu). Při úniku přípravku do kanalizace nebo podzemních prostor vzniká nebezpečí výbuchu. Zapálení je možné působením horkých povrchů, jiskrou (i jiskra elektrostatické elektřiny) nebo otevřeným plamenem. Při zapálení mohou plameny šlehat na velké vzdálenosti. Produktem hoření je oxid uhličitý a voda, při nedokonalém spalování vzniká jedovatý oxid uhelnatý a saze.

Zvláštní ochranné pomůcky pro hasiče

Izolační dýchací přístroj a úplný ochranný oblek.

Další údaje

Využít všechny možnosti k uzavření nebo utěsnění místa úniku (pokud je to bez rizika), podle možnosti se chránit vodní clonou. Tvořící se chladné mlhy srážet tříštěným vodním proudem nebo vodní mlhou. Při požáru v okolí zásobníku s látkou, vystaveného účinkům požáru, chladit zásobník vodou z velké vzdálenosti. Tlakové lahve s přípravkem odstranit z nebezpečné zóny.

6.3.7 Toxikologické vlastnosti látky

Akutní toxicita

Po delší expozici mohou být bolesti hlavy, malátnost, lehké omámení. Práce v koncentraci 1 000 ppm pro propan (1 800 mg/m³) se pokládá za bezpečnou. Při vdechování atmosféry s 1 % butanu je asi po 10 minutách pocíťována značná ospalost. Koncentrace butanu nad 1,8 % mohou mít narkotický a dusivý účinek.

LC50, inhalačně, potkan, pro plyny a páry (mg/m³)
LC50, inhalačně, myš (mg/m³)

butan: 658 000/4h
680 000/2h

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Subchronická - chronická toxicita

Nejsou známy účinky při dlouhodobém působení.

6.3.8 Informace pro přepravu

Klasifikace:

F+, R12

Výstražný symbol nebezpečnosti:

F+

R – věta: R12

S – věta: S (2-)9-16

ADR:

ADR 2007

UN číslo:

1965

Bezpečnostní značky:

2.1

Třída:

2

číslo nebezpečnosti:

23

Klasifikační kód:

2F

Kemlerův kód:

23
1965

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

7 METODA VÝBĚRU

7.1 Charakteristika metody

Metoda výběru se jako kvantitativní hodnocení rizika (QRA - Quantitative Risk Assessment) používá pro stanovení rizik při provozování, manipulaci, transportu a skladování nebezpečných látek. Kvantitativně se riziko hodnotí v případech, kdy se nebezpečné látky nacházejí na určitém místě (průmyslová oblast, dopravní komunikace) v takovém množství, že mohou ohrožovat okolí.

Poskytuje relevantní informace pro posouzení rizika a rozhodnutí o přijatelnosti rizika souvisejícího s rozvojem uvnitř nebo v okolí posuzovaného objektu.

Ne všechna zařízení významně přispívají k riziku, proto není nutno uvažovat všechna zařízení při QRA. Pro odhalení takových zařízení, která nejvíce přispívají k riziku, byla vyvinuta **metoda výběru**, která umožňuje selekci takových zařízení. Takto vybraná zařízení musejí být uvažovány při QRA.

7.2 Postup metody výběru

1. Rozdělení objektu na nezávislé zařízení (oddělené jednotky).
2. Na základě množství látky, provozních podmínek a vlastností nebezpečných látek se stanoví nebezpečnost každého zařízení. Vypočte se **Indikační číslo A**, které vyjadřuje míru skutečné nebezpečnosti zařízení.
3. Nebezpečnost zařízení se stanovuje pro množinu bodů v okolí (na hranici) objektu. Nebezpečnost zařízení na jistou vzdálenost se stanoví na základě známého indikačního čísla a vzdálenosti mezi posuzovaným bodem a zařízením. Míra nebezpečí v posuzovaném bodě se odvodí z hodnoty **výběrového čísla S**.
4. Zařízení pro analýzu QRA jsou vybírána na základě relativní hodnoty výběrového čísla S.

7.3 Indikační číslo A

Indikační číslo A vyjadřuje míru skutečné nebezpečnosti zařízení. Skutečná nebezpečnost jednotky je ovlivňována množstvím přítomné látky, fyzikálními vlastnostmi, toxicitou látky a specifickými provozními podmínkami.

7.3.1 Výpočet

Indikační číslo A jednotky je bezrozměrné číslo a stanoví se ze vztahu:

$$A = \frac{Q \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3}{G}$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

kde :

- Q množství látky přítomné v zařízení (kg)
 O_1 faktor pro procesní jednotku nebo pro skladovací jednotku
 O_2 faktor zohledňující umístění jednotky (uvnitř/vně)
 O_3 faktor zahrnující množství látky v plynném stavu po úniku v závislosti na provozní teplotě, normálním bodu varu, skupenství látky a teplotě okolí
 G mezní hodnota - mezní množství nebezpečné látky (kg).

Faktor O_1

Tento faktor vyjadřuje procesní nebo skladovací jednotku.

Jedná-li se o skladovací jednotku, pak

$$O_1 = 0,1.$$

Jedná-li se o procesní jednotku, pak

$$O_1 = 1.$$

Faktor O_2

Tento faktor vyjadřuje umístění jednotky / zařízení a opatření proti šíření látek do okolí.

- umístění vně budovy (na otevřeném prostoru) $O_2 = 1$
- umístění uvnitř budovy (v uzavřeném prostoru) $O_2 = 0,1$
- jednotka umístěná v jímce a provozní teplota T_p je menší než teplota normálního bodu varu zvýšená o 5°C , tj. $T_p \leq T_{bv} + 5^\circ\text{C}$ $O_2 = 0,1$
- jednotka umístěná v jímce a provozní teplota T_p je vyšší než teplota normálního bodu varu T_{bv} zvýšená o 5°C , tj. $T_p > T_{bv} + 5^\circ\text{C}$ $O_2 = 1$

Faktor O_3

Tento faktor zahrnuje vliv provozních podmínek a vyjadřuje množství látek, které bude po úniku v plynné fázi.

Skupenství:

- látka je v plynném skupenství $O_3 = 10$
- látka je v kapalném skupenství $O_3 = 10$
- látka je v pevném skupenství $O_3 = 0,1$

Faktor O_3 nabývá hodnot v rozmezí 0,1 - 10.

Mezní hodnota G

Mezní hodnota G je mírou nebezpečnosti látky stanovenou jak na základě fyzikálních vlastností, tak i na základě údajů o toxicitě / výbušnosti / hořlavosti látky.

Pro toxické látky se mezní hodnota stanovuje na základě koncentrace LC_{50} a skupenství při teplotě 25°C .

Mezní hodnota pro hořlavé látky je 10 000 kg.

Mezní hodnota pro výbušné látky je takové množství látky (v kg), které uvolní ekvivalentní množství energie jako 1000 kg TNT (energie exploze 4600 kJ/kg).

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

7.4 Selektivní číslo S

Selektivní číslo S vyjadřuje míru nebezpečnosti zařízení vůči jinému posuzovanému místu ve vzdálenosti L .

Jediná jednotka /zařízení může mít tři různá selektivní čísla.

7.4.1 Výpočet

$$S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 \cdot A^T \quad \text{pro toxické látky}$$

$$S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \cdot A^F \quad \text{pro hořlavé látky}$$

$$S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \cdot A^E \quad \text{pro výbušniny}$$

kde :

L je vzdálenost od jednotky k posuzovanému místu v metrech (minimální vzdálenost je 100 m).

A je indikační číslo pro danou látku

7.5 Výpočet metodou výběru

7.5.1 Výpočet indikačního čísla A

$$A = \frac{Q \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3}{G}$$

Benzín:

$Q = 36\,000$ kg

$O_1 = 0,1$ jedná se o skladovací jednotku.

$O_2 = 0,1$ pokud je druhý plášť zásobníku navržený tak, aby zachytil unikající kapalinu a odolával všem možným silám, považuje se za jímku.

$O_3 = 1$ pokud $-75^\circ\text{C} \leq T_{bv} < -25^\circ\text{C}$, pak je přirážka 1.

$G = 10\,000$ kg mezní hodnota pro hořlavé látky.

$$A = \frac{36000 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 1}{10000} = 0,036$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Motorová nafta:

$Q = 33\,000\text{ kg}$

$O_1 = 0,1$ jedná se o skladovací jednotku.

$O_2 = 0,1$ pokud je druhý plášť zásobníku navržený tak, aby zachytil unikající kapalinu a odolával všem možným silám, považuje se za jímku.

$O_3 = 0,1$

$G = 10\,000\text{ kg}$ mezní hodnota pro hořlavé látky.

$$A = \frac{33000 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{10000} = 0,0033$$

LPG:

$Q = 4\,200\text{ kg}$

$O_1 = 0,1$ jedná se o skladovací jednotku.

$O_2 = 1$ umístění vně budovy.

$O_3 = 10$ látka je v plynném skupenství.

$G = 10\,000\text{ kg}$ mezní hodnota pro hořlavé látky.

$$A = \frac{4200 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 10}{10000} = 0,42$$

7.5.2 Výpočet selektivního čísla S

$$S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \cdot A^F \quad \text{pro hořlavé látky}$$

Minimální vzdálenost od jednotky k posuzovanému místu je 100 m.

V tomto případě jsou hranice objektu v kratší vzdálenosti než je 100 m a to ve vzdálenosti 50 m. Budeme proto počítat se vzdáleností 100 m.

$$S^F = \left(\frac{100}{100}\right)^3 \cdot A^F = A^F$$

Z výpočtu vyplývá, že uvažujeme-li vzdálenost 100 m, pak selektivní číslo S^F se rovná indikačnímu číslu A^F .

Benzín:

$$S^F = 0,036$$

Motorová nafta:

$$S^F = 0,0033$$

LPG:

$$S^F = 0,42$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

7.6 Vyhodnocení výsledků metody Výběru

Metodu výběru je možné použít pro prvotní hodnocení nezařazených zdrojů rizik, jak klasickým způsobem, tak i zjednodušenou formou, kdy je jako výsledek rozhodnuto, zda zařízení vyžaduje detailní kvantitativní hodnocení rizika.

Z výsledků vyplývá, že selektivní číslo S se rovná indikačnímu číslo A a zároveň, že selektivní číslo pokleslo pod hodnotu 1, což znamená bezpečnou vzdálenost pro ochranu obyvatelstva. Ale protože hranice objektu jsou v kratší vzdálenosti než je 100 m, což je minimální vzdálenosti jednotky k posuzovanému místu, vyžaduje zařízení detailní posouzení rizika jinou vhodnou metodou.

Pro další posouzení byla zvolena metoda Indexu požáru a výbuchu.

8 INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - F&EI

8.1 Charakteristika metody

Index požáru a výbuchu (Dow's Fire and Explosion Index) je metoda, kterou vyvinula společnost Dow's Chemical Copany pro identifikaci nebezpečí požáru a výbuchu procesních jednotek. Tato metoda uvažuje rozmanité faktory jako jsou látkové vlastnosti, procesní podmínky, projekt provozu apod.

8.2 Zařazení metody

Index požáru a výbuchu je typickým představitelem indexových metod, které patří ke generickým metodám identifikace zdrojů rizika. Tyto metody pomáhají odhalovat specifické zdroje rizika, pro jejichž identifikaci byly na základě zkušeností vyvinuty. Jiné zdroje rizika jimi odhalit nelze, nejsou k tomu vybaveny.

8.3 Použití metody

F&EI hodnotí pouze výbušné a hořlavé látky, slouží pro odhalení míst s největším potenciálem ztráty a umožňuje předpovědět rozsah poškození zařízení a ztráty způsobené přerušením provozu. Výstupem této metody jsou ekonomické škody.

8.4 Cíle metody

1. *Identifikovat* zařízení, která by mohla přispívat ke vzniku a eskalaci nehody.
2. *Klasifikovat* reálně očekávané škody následkem požáru, exploze a chemické reaktivity.
3. *Prezentovat* zjištěný F&E Index managementu (ekonomické škody, které vzniknou následkem požáru nebo výbuchu).

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.5 Postup stanovení Indexu požáru a výbuchu

- Výběr procesní jednotky pro studii
- Stanovení materiálového faktoru MF
- Faktory nebezpečnosti procesní jednotky
 - Obecná procesní nebezpečí
 - Speciální procesní nebezpečí
- Stanovení faktoru nebezpečnosti procesní jednotky
- Stanovení indexu požáru a výbuchu (F&E Indexu)
- Kreditní faktory řízení procesu
- Souhrnná analýza rizika procesní jednotky
- Diskuse o ztrátách majetku (MPPD) a provozních (BI)
- Souhrnná analýza rizika výrobní jednotky
- Soubor podkladů pro souhrnnou analýzu rizika

8.5.1 Stanovení materiálového faktoru

Materiálový faktor **MF** je míra potenciální energie, která se uvolní při požáru nebo výbuchu.

$$MF = fce \text{ (hořlavosti } N_F \text{ a reaktivity } N_R)$$

Kde:

N_F , N_R jsou údaje NFPA (National Fire Protection Association) a vyjadřují hořlavost, reaktivitu (nestabilitu) substance.

		Reaktivita nebo nestabilita				
Kapaliny a plyny Hořlavost nebo zápalnost ¹	NFPA 325M nebo 49	$N_R = 0$	$N_R = 1$	$N_R = 2$	$N_R = 3$	$N_R = 4$
Nehořlavé materiály ²	$N_F = 0$	1	14	24	29	40
Bod vzplanutí $> 93,3 \text{ }^\circ\text{C}$	$N_F = 1$	4	14	24	29	40
$37,8 \text{ }^\circ\text{C} < \text{bod vzplanutí} \leq 93,3 \text{ }^\circ\text{C}$	$N_F = 2$	10	14	24	29	40
$22,8 \text{ }^\circ\text{C} \leq \text{bod vzplanutí} < 37,8 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo bod vzplanutí $< 22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ & bod varu $\geq 37,8 \text{ }^\circ\text{C}$	$N_F = 3$	16	16	24	29	40
bod vzplanutí $< 22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ & bod varu $< 37,8 \text{ }^\circ\text{C}$	$N_F = 4$	21	21	24	29	40
Hořlavý prach nebo mlhy³						
St - 1 ($K_{st} \leq 200 \text{ bar m/sec}$)		16	16	24	29	40
St - 2 ($K_{st} = 201 - 300 \text{ bar m/sec}$)		21	21	24	29	40
St - 3 ($K_{st} > 300 \text{ bar m/sec}$)		24	24	24	29	40
Hořlavé pevné látky						
hutné $> 40 \text{ mm tloušťky}$ ⁴	$N_F = 1$	4	14	24	29	40
porézní $< 40 \text{ mm tloušťky}$ ⁵	$N_F = 2$	10	14	24	29	40
pěna, fibr, prach, atd. ⁶	$N_F = 3$	16	16	24	29	40

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.5.2 Obecná procesní nebezpečí

Obecná procesní nebezpečí je 6 primárních faktorů významně přispívajících k nebezpečnosti většiny procesních jednotek

A. Exotermické chemické reakce

Slabě exotermické reakce přirážka **0,30**

Středně exotermické reakce přirážka **0,50**

Kritické (na řízení) exotermické reakce přirážka **1,00**

Zvláště citlivé exotermické reakce přirážka **1,25**

B. Endotermické procesy přirážka **0,20**

Použije se pro každý endotermický proces v reaktoru
Tato přirážka se používá jen pro reaktory.

C. Manipulace s materiálem a přeprava materiálu

faktor - vznik požáru při manipulaci, přepravě a skladování

D. Procesní jednotky v uzavřených nebo vnitřních prostorech

- otevřené a dobře **větratelné** stavební konstrukce - snížení explozivního potenciálu jednotky
- **mechanické** větrání není tak účinné, jako otevřená konstrukce
- Sběrače a filtry prachu - umísťovat **vně**, mimo prostor se zařízením

E. Přístupnost jednotky

Přístupnost jednotky, neboli snadný přístup záchranných vozidel do prostoru jednotky:

- přístupnost alespoň ze dvou směrů - „**minimální požadavek**“
- alespoň jeden přístup musí být ze silnice / vozovky.

Přirážky pro velké procesní jednotky se špatnou přístupností :

- provozy s plochou větší než (925 m²) se špatnou přístupností přirážka **0,35**
- skladištní budovy s plochou větší než (2 312 m²) přirážka **0,35**
- pro menší plochy s nedostatečnou přístupností přirážka **0,20**

F. Drenáž, odvodnění, zabezpečení proti přetečení

Jedná se o možnost rozlití nebo úniku velkého množství hořlavé nebo zápalné kapaliny, které se zadrží v blízkosti procesního zařízení.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tyto přírážky se použijí jenom tehdy, pokud :

- materiál v jednotce má bod vzplanutí nižší než 60°C (140°F),
nebo
- pokud je materiál zpracováván při teplotě nad bodem vzplanutí

je nutné odhadnout jak **objem hořlavé/zápalné látky** tak i **objem požární vody**, který musí být bezpečně odveden mimo nebo zpracován v případě skutečné události

!!! Jenom perfektní drenáž nevyžaduje žádnou přírážku !!!

8.5.3 Speciální procesní nebezpečí

Speciální procesní nebezpečí jsou faktory zvyšující pravděpodobnost havárie, uvažováno je 12 faktorů.

A. Toxické materiály/látky

Toxické látky - komplikují zásah zachraňujících osob a tím snižují schopnost pátrat a zmírňovat škodu během nehody.

Pro ocenění této situace se použije **přírážka** ve výši **0,20 x N_H**.

V případě směsi látek se použije složka s nejvyšším faktorem N_H.

B. Podtlak - subatmosférický tlak

- možnost průniku vzduchu do systému ☞ **nebezpečí**
- nebezpečí - při kontaktu vzduchu s mlhou nebo při kontaktu citlivého materiálu s kyslíkem
- Přírážka se použije jenom v případech, pokud je absolutní tlak nižší než 500 mm Hg (tj. 10 in Hg).
přírážka **0,50**

C. Provoz uvnitř nebo v blízkosti rozsahu hořlavosti

nebezpečí : podmínky pro hořlavé a zápalné kapaliny

D. Výbuch prachu

Čím jemnější je prach - tím větší je nebezpečí z důvodu rychlého přírůstku tlaku a maxima tlaku, kterého se dosáhne.

Všechny prachové materiály mají určitý rozsah velikosti částic. Pro stanovení přírážky se **použije tzv. 10% velikost**, tj. taková velikost částice, pro kterou platí, že 90 % částic je hrubších a 10% částic je jemnějších. Přírážku je nutno použít i v případech, kdy se při testech ukáže, že prach není výbušný.

E. Otevírací tlak pojišťovacího ventilu

Vyšší provozní tlak než atmosférický - přírážka zohledňuje větší uniklé množství netěsností/otvorem

Důvodem je možnost poruchy některého prvku procesní jednotky mající za následek únik hořlavých látek.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

F. Nízká teplota

Příspěvek k posouzení možné křehkosti uhlíkaté oceli nebo jiných kovových materiálů, které mohou být vystaveny přechodové teplotě křehnutí nebo teplotám nižším.

Pokud byla jednotka řádně posouzena a pokud za normálního i anomálního provozu nedojde k poklesu teplot pod přechodovou teplotu křehnutí materiálu, potom se přírážka nepoužije.

G. Množství hořlavého/nestabilního materiálu

Množství hořlavého/nestabilního materiálu je přídavné ohrožení plochy větším množstvím hořlavého a nestabilního materiálu v procesní jednotce

1. Kapaliny nebo plyny v procesu

Přirážka je závislá na množství hořlaviny, které může uniknout z procesní jednotky nebo spojovacího potrubí během 10 minut. Je třeba zdravým rozumem odhadnout, kolik materiálu může uniknout.

Zkušenosti ukázaly, že toto množství lze rozumně odhadnout uvážením většího z následujících množství :

- i. množství materiálu v procesní jednotce, nebo**
- j. množství materiálu v největší propojené jednotce.**

Každá propojená jednotka, která může být v okamžiku ohrožení odpojena dálkově ovládanými uzavíracími ventily je vyňata z úvah.

2. Skladování kapalin nebo plynů v zásobnících (mimo proces)

Hořlavé a zápalné kapaliny, plyny nebo zkapalněné plyny v zásobnících mimo proces se ohodnotí nižší přírážkou, než zásobníky procesní, neboť nejsou ovlivněny procesem.

Přirážka se stanovuje na základě celkového **množství materiálu** v zásobníku x **spalné teplo** - Hc faktor. V případě přenosných kontejnerů se uvažuje celkový obsah všech uskladněných kontejnerů.

3. Zápalné (hořlavé) pevné látky v zásobnících / prachový materiál v procesu

Tato kategorie pokrývá přírážky pro různá množství uskladněných pevných látek a prachového materiálu v procesní jednotce, pokud je pevná fáze nebo prach uvažován jako základní materiál pro stanovení MF.

Pro stanovení velikosti přírážky jsou rozhodujícími veličinami hustota materiálu, snadnost zapálení (vznícení) a schopnost odolávat účinkům plamene.

H. Koroze a eroze

Ačkoliv správná konstrukce bere v úvahu vliv koroze a eroze, přesto se objevují u jistých procesů stále problémy s korozí / erozí .

Rychlost koroze je chápána jako součet rychlostí vnější a vnitřní koroze. Pórovitost vyzdívků a nedokonalost plastického povlaku jsou možná příčiny urychlení koroze.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

I. Netěsnosti spojů a těsnění

Těsnění spojů a ucpávky hřídelů mohou být zdrojem úniků hořlavých nebo vznětlivých materiálů, zejména pokud jsou zatíženy tepelnými a tlakovými cykly.

J. Použití zařízení s otevřeným ohněm

Přítomnost zařízení s otevřeným ohněm v procesu zvyšuje pravděpodobnost zapálení hořlavých kapalin, plynů nebo hořlavého prachu, pokud dojde k jejich úniku.

K. Výměníky s horkým olejem

Většina teplotosných médií v olejových výměnících tepla je hořlavá a pracovní teplota olejové náplně je velmi často **vyšší**, než je **bod vzplanutí** nebo **bod varu**. Taková látka zvyšuje nebezpečí v kterékoliv procesní jednotce, kde je použita.

Pokud je teplotosné médium **nehořlavé** nebo jeho teplota nepřekročí bod vzplanutí, potom se přírážka **nepoužije** (je rovna nule).

I. Rotační stroje

Tato stať se věnuje nebezpečnosti procesní jednotky s velkým rotačním zařízením. Ačkoliv není stanoveno pravidlo pro oceňování všech typů a velikostí rotačních zařízení, existují statistické údaje které naznačují, že čerpadla a kompresory od určité velikosti pravděpodobně přispívají k nehodovosti.

8.5.4 Stanovení indexu požáru a výbuchu

Účinky požáru a/nebo exploze směsi hořavin se vzduchem, které jsou následkem úniku hořlavého materiálu a jeho vznícení jsou kategorizovány podle bezprostředních příčin:

- rázová vlna nebo prudké hoření/deflagrace
- vystavení vlivu požáru na základě původního úniku
- náraz fragmentu do potrubí a zařízení při explozi nádoby
- další uvolnění hořavin jako sekundární událost

Závažnost sekundárních událostí se zvyšuje s tím, jak roste hodnota faktoru F_3 (faktor nebezpečnosti procesní jednotky) a hodnota materiálového faktoru (MF).

$$F\&E \text{ Index} = (F_3) \times (MF)$$

Tabulka 8.1 Stupně nebezpečnosti podle F&E Indexu

STUPNĚ NEBEZPEČNOSTI podle F&E INDEXU	
PÁSMO F&E INDEXU	STUPEŇ NEBEZPEČNOSTI
1 - 60	nepatrný, malý
61 - 96	mírný
97 - 127	střední
128 - 158	závažný
159 a vyšší	kritický

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.6 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro benzín

8.6.1 Základní údaje

Benzín naturál 95: nádrž 50 m³
množství 36.000 kg

8.6.2 Postup stanovení F&E Indexu

Stanovení materiálového faktoru MF

Z údajů $N_H=1$, $N_F=3$ je stanoven $MF = 16$.

Obecná procesní nebezpečí

Manipulace a přeprava látek přirážka **0,25**.

Malá pravděpodobnost vzniku požáru při manipulaci, přepravě, či skladování.

Přístupnost k jednotce přirážka **0,20**.

Čerpací stanice se nachází na malé ploše s nedostatečnou přístupností.

Drenáž, zabezpečení proti přetečení přirážka **0,25**.

Benzín má bod vzplanutí nižší než 60°C. Zvolena nejnižší přirážka, protože zařízení je dobře zabezpečeno proti přetečení.

Speciální procesní nebezpečí

Toxické látky přirážka **0,20**.

Benzín není zařazen do toxických látek, avšak jeho N_H je větší než nula, proto vypočítáme přirážku ze vzorce $0,20 \times N_H = 0,20 \times 1 = 0,20$.

Provoz trvale v rozsahu hořlavosti přirážka **0,80**.

Provoz je trvale v rozsahu hořlavosti, proto je zvolena tato přirážka.

Kapaliny nebo plyny v zásobníku přirážka **0,48**.

Množství hořlavé látky je 36000 kg, spalné teplo $HC = 43,729$ MJ/kg.

Danou přirážku zjistíme z grafu „Kapaliny nebo plyny v zásobníku“ viz Příloha 4, pro tento případ je to křivka B.

Vliv koroze a eroze přirážka **0,10**.

Zvolena nejnižší přirážka – malá pravděpodobnost vzniku koroze.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Netěsnosti spojů a ucpávek

přirážka **0,10**.

Zvolena nejnižší přirážka – malá pravděpodobnost vzniku netěsností.

Faktor speciálních nebezpečí (F2)

Tento faktor se stanoví jako součet všech zvolených přirážek.

$$F2 = 2,68$$

Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F1 * F2) = F3

$$F3 = F1 \times F2 = 1,70 \times 2,68 = 4,56$$

Index požáru a výbuchu (F3 * MF = F&EI)

$$F\&EI = F3 \times MF = 4,56 \times 16 = 72,90$$

Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu

Stupeň nebezpečnosti stanovíme z Indexu požáru a výbuchu dle tabulky 8.1 Stupně nebezpečnosti podle F&E Indexu.

Pro tento případ vyšel stupeň nebezpečnosti **mírný**.

Všechny údaje jsou zpracovány do Tabulky 8.2 Index požáru a výbuchu - benzín:

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tabulka 8.2 Index požáru a výbuchu - benzín

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU-Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik	Divize	Umístění	Brno	Datum	12.2.2008
Stanoviště	Výrobní jednotka	Procesní jednotka			
Zpracoval	Šimková	Schválil		Budova	
Kontroloval					
Látky v procesní jednotce	Benzín	N _H =1	N _F = 3	N _R = 0	
Provozní stav	Provoz	Název uvažované substance			
MATERIALOVY FAKTOR					16
1. Obecná procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru					1,00
A. Exotermické chemické reakce					od 0.30 do 1.25
B. Endotermické procesy					od 0.20 do 0.40
C. Manipulace a přeprava látek					od 0.25 do 1.05
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních prostorách					od 0.25 do 0.90
E. Přístupnost k jednotce					od 0.20 do 0.35
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m					od 0.25 do 0.50
Faktor obecných nebezpečí (F1)					1,70
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru					1,00
A. Toxické látky					od 0.20 do 0.80
B. Podtlak (< 500 mm Hg)					0.50
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti .. s inertizací ... bez inertizace					
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin					0.50
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)					0.30
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti					0.80
D. Exploze prachu (viz. tabulka 2)					od 0.25 do 2.00
E. Přetlak (viz obr. 2) provozní přetlak kPa přetlaku nastavení pojišťovacích ventilů.....kPa přetlaku					
F. Nízká teplota od 0.20 do 0.30					od 0.20 do 0.30
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 36000 kg HC = 43,729 MJ/kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu (viz obr. 3)					-
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku (viz obr. 4)					0,48
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu(viz obr. 5)					-
H. Vliv koroze a eroze					od 0.10 do 0.75
I. Netěsnosti spojů a ucpávek					od 0.10 do 1.50
J. Zařízení s otevřeným ohněm (viz obr. 6)					-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem (viz tab. 5)					od 0.15 do 1.15
L. Rotační zařízení					0.50
Faktor speciálních nebezpečí (F2)					2,68
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F1 * F2) = F3					4,56
Index požáru a výbuchu (F3 * MF = F&EI)					72,90
Pro případ neaplikované přírážky použijte hodnotu 0.00					
Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu					MIRNÝ

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.7 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro motorovou naftu

8.7.1 Základní údaje

Motorová nafta: nádrž 42 m³
množství 33.000 kg

8.7.2 Postup stanovení F&E Indexu

Stanovení materiálového faktoru MF

Z údajů $N_H=0$, $N_F=2$ je stanoven $MF = 10$.

Obecná procesní nebezpečí

Manipulace a přeprava látek přirážka **0,25**.

Malá pravděpodobnost vzniku požáru při manipulaci, přepravě, či skladování.

Přístupnost k jednotce přirážka **0,20**.

Čerpací stanice se nachází na malé ploše s nedostatečnou přístupností.

Drenáž, zabezpečení proti přetečení přirážka **0,25**.

Speciální procesní nebezpečí

Neustálený proces nebo porucha inertizace přirážka **0,30**.

Kapaliny nebo plyny v zásobníku přirážka **0,25**.

Množství hořlavé látky je 33000 kg, spalné teplo $HC = 43,496$ MJ/kg.

Danou přirážku zjistíme z grafu „Kapaliny nebo plyny v zásobníku“ viz Příloha 4, pro tento případ je to křivka C.

Vliv koroze a eroze přirážka **0,10**.

Zvolena nejnižší přirážka – malá pravděpodobnost vzniku koroze.

Netěsnosti spojů a ucpávek přirážka **0,10**.

Zvolena nejnižší přirážka – malá pravděpodobnost vzniku netěsností.

Faktor speciálních nebezpečí (F2)

Tento faktor se stanoví jako součet všech zvolených přirážek.

$$F2 = 1,75$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky ($F1 * F2$) = $F3$

$$F3 = F1 \times F2 = 1,70 \times 1,75 = 2,98$$

Index požáru a výbuchu ($F3 * MF = F\&EI$)

$$F\&EI = F3 \times MF = 2,98 \times 10 = 29,75$$

Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu

Stupeň nebezpečnosti stanovíme z Indexu požáru a výbuchu dle tabulky 8.1 Stupně nebezpečnosti podle F&E Indexu.

Pro tento případ vyšel stupeň nebezpečnosti **malý**.

Všechny údaje jsou zpracovány do Tabulky 8.3 Index požáru a výbuchu – motorová nafta:

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tabulka 8.3 Index požáru a výbuchu – motorová nafta

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU-Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik	Divize	Umístění	Brno	Datum	12.2.2008
Stanoviště	Výrobní jednotka	Procesní jednotka			
Zpracoval	Šimková	Schválil		Budova	
Kontroloval					
Látky v procesní jednotce	Motorová nafta	N _H =0	N _F = 2	N _R =0	
Provozní stav		Název uvažované substance			
MATERIÁLOVÝ FAKTOR					10
1. Obecná procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru					1,00
A. Exotermické chemické reakce					od 0.30 do 1.25
B. Endotermické procesy					od 0.20 do 0.40
C. Manipulace a přeprava látek					od 0.25 do 1.05
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních prostorách					od 0.25 do 0.90
E. Přístupnost k jednotce					od 0.20 do 0.35
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m 3					od 0.25 do 0.50
Faktor obecných nebezpečí (F1)					1,70
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru					1,00
A. Toxické látky					od 0.20 do 0.80
B. Podtlak (< 500 mm Hg)					0.50
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti .. s inertizací ... bez inertizace					-
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin					0.50
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)					0.30
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti					0.80
D. Exploze prachu (viz. tabulka 2)					od 0.25 do 2.00
E. Přetlak (viz obr. 2) provozní přetlak kPa přetlaku nastavení pojišťovacích ventilů.....kPa přetlaku					-
F. Nízká teplota od 0.20 do 0.30					od 0.20 do 0.30
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 33000 kg HC = 43,496 MJ/kg					-
1. Kapaliny nebo plyny v procesu (viz obr. 3)					-
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku (viz obr. 4)					0,25
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu(viz obr. 5)					-
H. Vliv koroze a eroze					od 0.10 do 0.75
I. Netěsnosti spojů a ucpávek					od 0.10 do 1.50
J. Zařízení s otevřeným ohněm (viz obr. 6)					-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem (viz tab. 5)					od 0.15 do 1.15
L. Rotační zařízení					0.50
Faktor speciálních nebezpečí (F2)					1,75
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F1 * F2) = F3					2,98
Index požáru a výbuchu (F3 * MF = F&EI)					29,75
Pro případ neaplikované přírážky použijte hodnotu 0.00					
Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu					MALÝ

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.8 Stanovení indexu požáru a výbuchu pro LPG

8.8.1 Základní údaje

LPG: nádrž 50 m³
množství 4.200 kg

8.8.2 Postup stanovení F&E Indexu

Stanovení materiálového faktoru MF

Z údajů $N_H=1$, $N_F=4$ je stanoven $MF = 21$.

Obecná procesní nebezpečí

Manipulace a přeprava látek přírážka **0,25**.

Malá pravděpodobnost vzniku požáru při manipulaci, přepravě, či skladování.

Přístupnost k jednotce přírážka **0,20**.

Čerpací stanice se nachází na malé ploše s nedostatečnou přístupností.

Drenáž, zabezpečení proti přetečení přírážka **0,25**.

Speciální procesní nebezpečí

Toxické látky přírážka **0,20**.

LPG není zařazen do toxických látek, avšak jeho N_H je větší než nula, proto vypočítáme přírážku ze vzorce $0,20 \times N_H = 0,20 \times 1 = 0,20$.

Provoz trvale v rozsahu hořlavosti přírážka **0,80**.

Provoz je trvale v rozsahu hořlavosti, proto je zvolena tato přírážka.

Kapaliny nebo plyny v zásobníku přírážka **0,62**.

Množství hořlavé látky je 4.200 kg, spalné teplo $HC = 46,287$ MJ/kg.

Danou přírážku zjistíme z grafu „Kapaliny nebo plyny v zásobníku“ viz Příloha 4, pro tento případ je to křivka B.

Vliv koroze a eroze přírážka **0,10**.

Zvolena nejnižší přírážka – malá pravděpodobnost vzniku koroze.

Netěsnosti spojů a ucpávek přírážka **0,10**.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Zvolena nejnižší přírážka – malá pravděpodobnost vzniku netěsností.

Faktor speciálních nebezpečí (F2)

Tento faktor se stanoví jako součet všech zvolených přírážek.

$$F2 = 2,82$$

Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F1 * F2) = F3

$$F3 = F1 \times F2 = 1,70 \times 2,82 = 4,79$$

Index požáru a výbuchu (F3 * MF = F&EI)

$$F\&EI = F3 \times MF = 4,79 \times 21 = 100,67$$

Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu

Stupeň nebezpečnosti stanovíme z Indexu požáru a výbuchu dle tabulky 8.1 Stupně nebezpečnosti podle F&E Indexu.

Pro tento případ vyšel stupeň nebezpečnosti **střední**.

Všechny údaje jsou zpracovány do Tabulky 8.4 Index požáru a výbuchu – LPG:

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tabulka 8.4 Index požáru a výbuchu – LPG

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU-Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX

Podnik	Divize	Umístění	Brno	Datum	12.2.2008
Stanoviště	Výrobní jednotka	Procesní jednotka			
Zpracoval	Šimková	Schválil	Budova		
Kontroloval					
Látky v procesní jednotce	LPG	N _H =1	N _F =4	N _R =0	
Provozní stav	Název uvažované substance				
MATERIALOVY FAKTOR					21
1. Obecná procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru				Rozsah přírážky	Použitá přírážka
A. Exotermické chemické reakce				1.00	1,00
B. Endotermické procesy				od 0.30 do 1.25	-
C. Manipulace a přeprava látek				od 0.20 do 0.40	-
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních prostorách				od 0.25 do 1.05	0,25
E. Přístupnost k jednotce				od 0.25 do 0.90	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečením 3				od 0.20 do 0.35	0,20
Faktor obecných nebezpečí (F1)				od 0.25 do 0.50	0,25
					1,70
2. Speciální procesní nebezpečí					
Základní hodnota faktoru				1.00	1,00
A. Toxické látky				od 0.20 do 0.80	0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)				0.50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti .. s inertizací ... bez inertizace					-
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin				0.50	-
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)				0.30	-
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti				0.80	0,80
D. Exploze prachu (viz. tabulka 2)				od 0.25 do 2.00	-
E. Přetlak (viz obr. 2) provozní přetlak kPa přetlaku nastavení pojišťovacích ventilů.....kPa přetlaku					-
F. Nízká teplota od 0.20 do 0.30				od 0.20 do 0.30	-
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství 4200 kg					-
HC = 46,287 MJ/kg					
1. Kapaliny nebo plyny v procesu (viz obr. 3)					-
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku (viz obr. 4)					0,62
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu (viz obr. 5)					-
H. Vliv koroze a eroze				od 0.10 do 0.75	0,10
I. Netěsnosti spojů a ucpávek				od 0.10 do 1.50	0,10
J. Zařízení s otevřeným ohněm (viz obr. 6)					-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem (viz tab. 5)				od 0.15 do 1.15	-
L. Rotační zařízení				0.50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F2)					2,82
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F1 * F2) = F3					4,79
Index požáru a výbuchu (F3 * MF = F&EI)					100,67
Pro případ neaplikované přírážky použijte hodnotu 0.00					
Stupeň nebezpečnosti dle F&E Indexu					STŘEDNÍ

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.9 Kreditní faktory řízení ztrát

Kreditní faktory řízení ztrát zahrnují tři základní skupiny parametrů umožňující řízení ztrát:

C₁ – řízení procesu

C₂ – oddělitelnost materiálů

C₃ – protipožární ochrana

1. Kreditní faktor řízení procesu

a. Náhradní (záložní) zdroje energie	0.98
b. Chlazení	0.97 až 0.99
c. Řízení exploze	0.84 až 0.98
d. Systém nouzového odstavení	0.96 až 0.99
e. Počítačem řízený proces	0.93 až 0.99
f. Inertní plyn	0.94 až 0.96
g. Provozní předpisy/postupy	0.91 až 0.99
h. Přehled reaktivních/reagujících sloučenin	0.91 až 0.98
i. Jiné hodnocení rizika	0.90 až 0.98

2. Kreditní faktor oddělitelnosti materiálů

a. Dálkově ovládané ventily	0.96 až 0.98
b. výpustě/odkalování	0.96 až 0.98
c. Drenáž	0.91 až 0.97
d. Blokování/Interlock	0.98

3. Kreditní faktor protipožární ochrany

a. Detekce úniku	0.94 až 0.98
b. Konstrukční oceli	0.95 až 0.98
c. Zásobování požární vodou	0.94 až 0.97
d. Zvláštní systémy	0.91
e. Skrápěcí systémy/sprinklery	0.74 až 0.97
f. Vodní clony	0.97 až 0.98
g. Pěna	0.92 až 0.97
h. Ruční hašení/kontrolní přístroje	0.93 až 0.98
i. Ochrana kabelů (kabelové krytí)	0.94 až 0.98

8.9.1 Zasažená plocha, zasažený prostor

Odhad geometrie zasaženého prostoru vychází z F&E Indexu.

8.9.2 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky

Investice v zasaženém prostoru jsou náklady na obnovu zařízení a vypočítají se ze vzorce:

Náklady na obnovu = původní náklady x 0,82 x faktor růstu

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Koeficient 0.82 jsou položky nákladů, které nebudou zničeny a neobnovují se (staveniště, silnice, podzemní potrubní rozvody a základy)

Stanovení faktoru poškození

Faktor poškození reprezentuje celkový efekt poškození ohněm a tlakovou vlnou, což jsou následky úniku paliva nebo reagující látky z procesní jednotky.

$$Fakt_{poškození} = fce (fakt. nebezpečnosti (F_3) a MF)$$

Základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku (Base MPPD)

Na základě hodnoty majetku na zasažené ploše a faktoru poškození se získá:

$$MPPD_{základní} = Investice v zasaženém prostoru \times F_{poškození}$$

tj. maximální očekávaná ztráta majetku (Base MPPD).

Kreditní faktor ztráty kontroly (Loss Control Credit Factor)

je součinem dílčích kreditních faktorů :

$$C_{celkový} = C_1 * C_2 * C_3$$

Skutečná maximální očekávaná ztráta majetku (MPPD_{skutečná})

se stanoví ze vztahu :

$$MPPD_{skutečná} = MPPD_{základní} \times C_{celkový}$$

Maximální očekávaný počet dní výpadku výroby (MPDO)

je složitou funkcí MPPD_{skutečné}

$$MPDO = fce (MPPD_{skutečná})$$

Přerušení provozu - BI (Bussines Interruption)

pro odhad ztrát vzniklých přerušením provozu lze použít vztah:

$$BI = MPDO \times (VPM/30) \times 0.70$$

kde :
VPM - hodnota měsíční produkce
koeficient 0.70 - reprezentuje fixní náklady plus zisk

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.10 Stanovení kreditních faktorů

Stanovení kreditních faktorů pro benzín, motorovou naftu i LPG je zpracováno do Tabulky 8.5 Kreditní faktory řízení ztrát.

Faktor C_1 řízení procesu po vynásobení všech hodnot dává číslo 0,91.

Faktor C_2 oddělitelnost materiálu po vynásobení všech hodnot dává číslo 0,90.

Faktor C_3 protipožární ochrana po vynásobení všech hodnot dává číslo 0,63.

Celkový kreditní faktor se vypočítá jako součin faktorů C_1 , C_2 , C_3 .

$$C_{\text{celkový}} = C_1 \times C_2 \times C_3$$

$$C_{\text{celkový}} = 0,91 \times 0,90 \times 0,63 = 0,52$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tabulka 8.5 Kreditní faktory řízení ztrát

KREDITNÍ FAKTORY ŘÍZENÍ ZTRÁT

1. Kreditní faktor řízení procesu (C₁)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru	Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Náhradní zdroje energie	0,98	1,00	f) Použití inertního plynu	od 0,94 do 0,96	1,00
b) Chlazení	od 0,97 do 0,99	1,00	g) Provozní předpisy/postupy	od 0,91 do 0,99	0,98
c) Řízená exploze	od 0,84 do 0,98	1,00	h) Přehled reaktiv. sloučenin	od 0,91 do 0,98	1,00
d) Nouzové odstavení	od 0,96 do 0,99	0,98	i) Jiné hodnocení rizika	od 0,91 do 0,98	0,95
e) Počítačem řízený proces	od 0,93 do 0,99	1,00			

C₁ celkem

0,91

2. Kreditní faktor oddělitelnosti materiálu (C₂)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru	Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Dálkově ovládané armatury	od 0,96 do 0,98	0,97	c) Drenáž	od 0,91 do 0,97	0,96
b) Výpustě/odkalování	od 0,96 do 0,98	0,97	d) Blokování/Intelock	0,98	1,00

C₂ celkem

0,90

3. Kreditní faktor ochrany před požárem (C₃)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru	Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Detekce úniku	od 0,94 do 0,98	0,96	f) Vodní clony	od 0,97 do 0,98	1,00
b) Konstrukční ocel	od 0,95 do 0,98	0,96	g) Pěna	od 0,92 do 0,97	1,00
c) Dodávka požární vody	od 0,94 do 0,97	0,96	h) Ruční hasicí zařízení /požární hlásiče	od 0,93 do 0,98	0,94
d) Zvláštní systémy	0,91	1,00	i) Ochrana kabelů	od 0,94 do 0,98	0,95
e) Zkrápěcí systémy	od 0,74 do 0,97	0,80			

C₃ celkem

0,63

Celkový kreditní faktor = C₁ * C₂ * C₃

0,52

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.11 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky - benzín

Poloměr zasažené plochy:

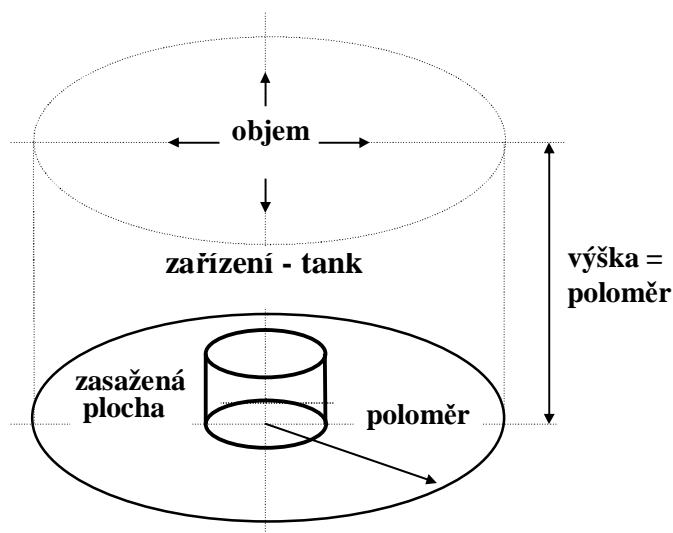
Poloměr zasažené plochy vypočteme když Index požáru & výbuchu (F&EI) vynásobíme koeficientem 0,256.

$$R = 72,9 \times 0,256 = 18,66 \text{ m}$$

Zasažená plocha:

Rozměr zasažené plochy spočteme dle následujícího obrázku jako obsah kruhu.

$$S = \pi \times r^2 = \pi \times 18,66^2 = 1094,17 \text{ m}^2$$



Investice v zasaženém prostoru:

Náklady na obnovu = původní náklady x 0,82 x faktor růstu

$$\text{Náklady na obnovu} = 25.000.000 \times 0,82 \times 1,099 = 22.529.500,- \text{ Kč}$$

Kde 1,099 je faktor růstu, který získáme tak, že podělíme pořizovací cenu v aktuálním roce cenou v roce pořízení. Růst cen je zaznamenán v tabulce 8.6 Růst cen

Tabulka 8.6 Růst cen

rok	cena (mil. Kč)	rok	cena (mil. Kč)
2001	25,000	2005	26,403
2002	25,375	2006	26,667
2003	25,755	2007	27,067
2004	26,141	2008	27,473

$$\text{Faktor růstu} = 27,473 / 25,000 = 1,099$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Faktor poškození:

Faktor poškození získáme z grafu viz Příloha 4.

$$F_3 = 4,56$$

$$MF = 16$$

Základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku:

$MPPD_{základní} = \text{Investice v zasaženém prostoru} \times F \text{ poškození}$

$$MPPD_{základní} = 22.529.500 \times 0,51 = 11.490.045,- \text{ Kč}$$

Skutečná maximální očekávaná ztráta majetku:

$MPPD_{skutečná} = MPPD_{základní} \times C_{celkový}$

$$MPPD_{skutečná} = 11.490.045 \times 0,52 = 5.974.823,40 \text{ Kč}$$

Maximální očekávaný počet dní výpadku výroby:

Hodnotu počtu dní výpadku odečteme z grafu viz Příloha 5.

$$MPDO = 23$$

Ztráta vzniklá přerušením provozu:

$$BI = MPDO \times (VPM/30) \times 0,70$$

Kde VPM je hodnota měsíční produkce

$$BI = 23 \times (2.500.000/30) \times 0,70 = 1.341.666,70 \text{ Kč}$$

Tabulka 8.7 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky - benzín

SOUHRNNÉ POSOUZENÍ RIZIKA PROCESNÍ JEDNOTKY

1. Index požáru & výbuchu (F&EI)	72,9	
2. Poloměr zasažené plochy	18,66 m	
3. Zasažená plocha	1094,17 m ²	
4. Investice v zasaženém prostoru	Kč	22.529.500,-
5. Faktor poškození	0,51	
6. Základní hodnota MPPD (Maximum Probable Property Damage)	Kč	11.490.045,-
7. Celkový kreditní faktor C	0,52	
8. Skutečná MPPD	Kč	5.974.823,40
9. Maximální počet dnů výpadku MPDO	23	
10. Ztráta vzniklá přerušením provozu	Kč	1.341.666,70

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

8.12 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – motorová nafta

Poloměr zasažené plochy:

$$R = 29,75 \times 0,256 = 7,61 \text{ m}$$

Zasažená plocha:

$$S = \pi \times r^2 = \pi \times 7,61^2 = 182,22 \text{ m}^2$$

Základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku:

$$\text{MPPD}_{\text{základní}} = \text{Investice v zasaženém prostoru} \times F \text{ poškození}$$

$$\text{MPPD}_{\text{základní}} = 22.529.500 \times 0,16 = 3.604.720,- \text{ Kč}$$

Skutečná maximální očekávaná ztráta majetku:

$$\text{MPPD}_{\text{skutečná}} = \text{MPPD}_{\text{základní}} \times C_{\text{celkový}}$$

$$\text{MPPD}_{\text{skutečná}} = 3.604.720 \times 0,52 = 1.874.454,40 \text{ Kč}$$

Tabulka 8.8 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – motorová nafta

SOUHRNNÉ POSOUZENÍ RIZIKA PROCESNÍ JEDNOTKY

1. Index požáru & výbuchu (F&EI)	29,75	
2. Poloměr zasažené plochy	7,61 m	
3. Zasažená plocha	182,22 m ²	
4. Investice v zasaženém prostoru		Kč 22.529.500,-
5. Faktor poškození	0,16	
6. Základní hodnota MPPD (Maximum Probable Property Damage)		Kč 3.604.720,-
7. Celkový kreditní faktor C	0,52	
8. Skutečná MPPD		1.874.454,4
9. Maximální počet dnů výpadku MPDO	23	
10. Ztráta vzniklá přerušením provozu		Kč 1.341.666,70

8.13 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky – LPG

Poloměr zasažené plochy:

$$R = 100,67 \times 0,256 = 25,77 \text{ m}$$

Zasažená plocha:

$$S = \pi \times r^2 = \pi \times 25,77^2 = 2086,56 \text{ m}^2$$

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku:

$MPPD_{základní} = \text{Investice v zasaženém prostoru} \times F \text{ poškození}$

$$MPPD_{základní} = 22.529.500 \times 0,73 = 16.446.535,- \text{ Kč}$$

Skutečná maximální očekávaná ztráta majetku:

$MPPD_{skutečná} = MPPD_{základní} \times C_{celkový}$

$$MPPD_{skutečná} = 16.446.535 \times 0,52 = 8.552.198,20 \text{ Kč}$$

Tabulka 8.9 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky - LPG

SOUHRNNÉ POSOUZENÍ RIZIKA PROCESNÍ JEDNOTKY

1. Index požáru & výbuchu (F&EI)	100,67	
2. Poloměr zasažené plochy	25,77 m	
3. Zasažená plocha	2086.56 m ²	
4. Investice v zasaženém prostoru		Kč 22.529.500,-
5. Faktor poškození	0,73	
6. Základní hodnota MPPD (Maximum Probable Property Damage)		Kč 16.446.535,-
7. Celkový kreditní faktor C	0,52	
8. Skutečná MPPD		Kč 8.552.198,20
9. Maximální počet dnů výpadku MPDO	23	
10. Ztráta vzniklá přerušením provozu		Kč 1.341.666,70

8.14 Závěrečné vyhodnocení metody F&E Index

Zásobník benzínu představuje mírný stupeň nebezpečí, zásobník nafty představuje jen malý stupeň nebezpečí a zásobník LPG představuje střední stupeň nebezpečí. Poloměr zasažené plochy u benzínu je 18,66 m, u nafty jen 7,61 m a u LPG 25,77 m.

U skladování LPG se poloměr zasažené plochy bude spíše vztahovat jen na následky požáru, tlaková vlna po výbuchu bude dosahovat větších vzdáleností.

Metodu F&E Index je dobré použít pro prvotní hodnocení zdrojů rizik s obsahem hořlavých a výbušných látek. Stanovené zasažené plochy se vztahují především pro případy požáru, účinky tlakové vlny a doletu fragmentů po výbuchu se dají lépe hodnotit jinými metodami.

Hodnotu F&EI mohou ovlivnit jednotlivé stavy jako najíždění, odstavování, plnění, vyprazdňování, atd., proto je někdy nutné prověřit více než jeden stav zařízení.

Jednotlivé rozsahy zasažených ploch jsou zobrazeny na obrázku 8.1 Zasažená plocha.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti



Obrázek 8.10 Zasažená plocha

- Poloměr zasažené plochy u motorové nafty
 - Poloměr zasažené plochy u benzínu
 - Poloměr zasažené plochy u LPG

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

9 ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ PORUCH (FMEA)

Metoda sestavuje tabulku příčin poruch a jejich následků na systém nebo podnik. FMEA identifikuje jednoduché poruchy, které mohou významně přispívat k havárii, ale nehodí se na vyčerpávající seznam poruch. Je snadno použitelná při změnách a modifikacích procesu. Může být provedena jedním analytikem, ale měla by být zkontrolována jiným.

Výsledkem je kvalitativní systematický seznam zařízení, jejich poruch a následků, s možností kvantifikace. Zahrnuje i odhad nejhorších případů následků. Obvykle je dokumentována v tabulkové formě s doporučením pro zlepšení bezpečnosti. [2]

9.1 Analýza příčin a následků poruch

Podrobná analýza poruch je zpracována v tabulkové formě v Tabulce 9.2 Analýza příčin a následků poruch.

Odhad rizika S je dán součinem indexu frekvence A , závažnosti B a možností detekce C .

$$S = A \cdot B \cdot C$$

Pro odhad rizika je stanovena kritická hranice 150. V případě, že odhad rizika u jednotlivých prvků překročí tuto hranici, doporučují se zvýšit nápravná opatření pro zlepšení bezpečnosti.

Kritéria hodnocení při analýze poruch:

Tabulka 9.1 Kritéria hodnocení

Index frekvence		Závažnost	
10	Velmi vysoký - velmi častý výskyt (1 x až vícekrát za rok)	10	Velmi velká - velmi vysoké bezpečnostní riziko
9		9	
8	Vysoký - vyskytuje se opakovaně (1 x až vícekrát za 10 a ž 10 ⁻² let)	8	Velká - velká závažnost, nutná okamžitá oprava
7		7	
6	Střední - méně častější výskyt (1x až vícekrát za 10 ⁻² až 10 ⁻⁵ let)	6	Střední - omezena funkční způsobilost
5		5	
4		4	
3	Malý - velmi malý výskyt (1 x za 10 ⁻⁷ až 10 ⁻⁸ let)	3	Malá - malá funkční omezení
2		2	
1	Velmi malý - výskyt velmi nepravděpodobný	1	Velmi malá - velmi malé omezení funkce - rozeznatelné odborníkem

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Možnost detekce

10 9	Velmi malá - odhalení poruchy nepravděpodobné
8 7	Malá - malá pravděpodobnost odhalení poruchy
6 5 4	Střední - odhalení poruchy je pravděpodobné
3 2	Vysoká - velmi vysoká pravděpodobnost odhalení poruchy
1	Velmi vysoká - porucha je jistě odhalena

Tabulka 9.2 Analýza příčin a následků poruch

Prvky / Položky	Způsob selhání	Následek selhání	Příčina	Index frekvence	Závažnost	Možnost detekce	Odhad rizika	Doporučení
				A	B	C	S	
Potrubí	Prasklina ve stěně trubky	Únik nebezpečné látky do okolí	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze	5	5	5	125	Oprava, pravidelná kontrola
	Prasklina ve svaru	Únik nebezpečné látky do okolí	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze, špatně provedený svar	5	5	5	125	Oprava, pravidelná kontrola
	Roztržení v celém průřezu	Ztráta celé zádrže	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze	4	6	5	120	Oprava, výměna
Zásobník	Trhlina ve stěně	Malý únik	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze	5	7	5	175	Oprava, pravidelná kontrola
	Prasklina ve svaru	Malý únik	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze, špatně provedený svar	5	7	5	175	Oprava, pravidelná kontrola
	Úplné roztržení zásobníku	Úplná ztráta látky	Vada materiálu, stárnutí materiálu, vliv koroze	2	10	10	200	Výměna
Pojistný ventil	Otevře brzo	Únik do okolí	Špatné ovládání	6	4	5	120	Výměna, pravidelná kontrola, revize
	Otevře pozdě	Přeplnění	Špatné ovládání	6	4	5	120	Výměna, pravidelná kontrola, revize
Regulační a uzavírací armatura	Neotevře	Žádný/stálý přísun látky	Porucha ovládání	8	3	5	120	Výměna, pravidelná kontrola, revize
	Netěsní	Malý únik látky	Prasklé těsnění	8	2	5	80	Opravit, vyměnit těsnění, pravidelná údržba

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

Tabulka 9.2 Analýza příčin a následků poruch - pokračování

Prvky / Položky	Způsob selhání	Následek selhání	Příčina	Index frekvence	Závažnost	Možnost detekce	Odhad rizika	Doporučení
				A	B	C	S	
	Prasklina tělesa	Malý únik látky	Vada odlitku, koroze	8	2	5	80	Výměna, pravidelná kontrola, revize
	Zaseklá	Ztráta regulace	Mechanická závada	8	3	5	120	Promazat, vyměnit, opravit, pravidelná údržba
	Neuzavře (zůstane otevřená)	Trvalý průtok	Porucha regulace	8	3	5	120	Promazat, vyměnit, opravit, pravidelná údržba
Hadice na stáčení	Roztržená	Únik zádrže	Vadný materiál, špatné zacházení	9	3	5	135	Výměna, pravidelná údržba
	Netěsní	Únik látky	Vadné těsnění	9	2	5	90	Opravit, vyměnit těsnění, pravidelná údržba
Ruční pistole	Zaseklá	Únik látky na manipulační plochu	Vadná pistole, špatná manipulace	8	1	10	80	Promazat, opravit, popř. vyměnit pistoli
Plamenojistka na odvzdušnění nádrží	Ucpaná plamenojistka	Tlakování aparátu, začne foukat pojistný ventil	Chyba montáže, vadná plamenojistka	6	8	4	192	Vyměnit nebo opravit plamenojistku
	Nenamontovaná / nefunkční plamenojistka	Jiskra / plamen se dostane do nádrže - následná exploze	Chyba montáže, vadná plamenojistka	6	10	3	180	Vyměnit / namontovat plamenojistku, kontrola montáže

9.2 Vyhodnocení výsledků metody FMEA

Výsledkem metody FMEA je kvalitativní systematický seznam zařízení, jejich poruch a následků, s možností kvantifikace.

Pro odhad rizika byla stanovena kritická hranice 150, tuto hranici překročily prvky / položky, jež jsou vyznačeny červeně v tabulce 9.2 Analýza příčin a následků poruch.

Jako nejhorší případ následků byl vyhodnocen roztržený zásobník, jehož hodnota rizika dosahuje nejvyšší hodnoty a to hodnoty 200, vysoké hodnoty dosáhla také plamenojistka na odvzdušnění nádrží – ucpaná plamenojistka 192 a nefunkční plamenojistka 180. Dále překročily kritickou hranici trhlina ve stěně zásobníku a prasklina ve svaru zásobníku, obojí s hodnotou 175.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

10 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo posoudit bezpečnost čerpací stanice pohonných hmot v Brně, v jejíž okolí se nachází nezávisle provozovaná čerpací stanice LPG.

Pro posouzení tohoto rizika byly použity dvě metody, metoda Selekce zdrojů rizika závažné havárie a metoda indexu požáru a výbuchu F&E Index, dále byla zpracována analýza příčin a následků poruch metodou FMEA.

Z výsledků metody Selekce zdrojů rizika závažné havárie vyplývá, že selektivní číslo „S“ se rovná indikačnímu číslo „A“ a zároveň je menší než hodnota 1. Z těchto údajů by bylo možno usuzovat, že se jedná o relativně bezpečné zařízení.

Jelikož jsou ale hranice objektu v kratší vzdálenosti než je minimální vzdálenost jednotky k posuzovanému místu, vyžaduje zařízení detailní posouzení rizika jinou vhodnou metodou. Jako vhodná metoda byla použita již zmíněná metoda Indexu požáru a výbuchu.

Z výpočtů metody F&E Index vyplývá, jaký stupeň nebezpečí představují jednotlivé látky v posuzované lokalitě v daném množství: zásobník benzínu představuje mírný stupeň nebezpečí, zásobník nafty jen malý stupeň nebezpečí a zásobník LPG představuje střední stupeň nebezpečí.

Dalším výstupem metody jsou rozměry zasažených ploch v případě exploze. Poloměry zasažených ploch jsou 18,66 m u benzínu, 7,61 m u nafty a 25,77 m u LPG. Velikosti ploch jsou znázorněny na obrázku 8.10 Zasažená plocha, ze kterého je patrné, že případná havárie čerpací stanice LPG může ovlivnit provoz čerpací stanice pohonných hmot a způsobit tak závažnou havárii i této stanice.

U skladování LPG se poloměr zasažené plochy bude spíše vztahovat jen na následky požáru, tlaková vlna po výbuchu bude dosahovat větších vzdáleností. Stanovené zasažené plochy se vztahují především pro případy požáru, účinky tlakové vlny a doletu fragmentů po výbuchu se dají lépe hodnotit jinými metodami.

Hodnotu F&EI mohou ovlivnit jednotlivé stavy jako najíždění, odstavování, plnění, vyprazdňování, atd., proto je někdy nutné prověřit více než jeden stav zařízení.

Metoda F&E Index je jediná metoda, jejíž výstupem jsou také ekonomické ztráty. Tyto škody jsou jednotlivě zpracovány v tabulce 8.7, 8.8 a 8.9.

Dílčím krokem byla analýza příčin a následků poruch, metodou FMEA, které mohou významně přispívat k havárii a zároveň odhad nejhorších případů následků.

Jako nejhorší případ byl vyhodnocen roztržený zásobník, ostatní případy, které překročily stanovenou kritickou hodnotu jsou v tabulce 9.2 vyznačeny červenou barvou. U těchto případů se doporučuje zvýšit nápravná opatření pro snížení rizika vzniku závažné havárie.

Celkové řešení otázky hodnocení rizik závažných havárií vyžaduje integrovaný přístup, který vychází ze znalostí technických, přírodních a společenských věd. Předložený metodický postup hodnocení rizik nezařazených zdrojů rizika doporučuje provozovatelům těchto zařízení vhodný přístup pomocí několika úrovní, kdy se postupně zvyšuje hloubka a náročnost hodnocení.

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Babinec, F. :Bezpečnostní inženýrství, Brno, VUT 2006
- [2] Bernatík, A. : Prevence závažných havárií I., Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2006.
- [3] Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, Corporate Safety, 7th Edition, 1999.
- [4] Guidelines for Quantitative Risk Assessment, ISBN 90 12 08 79 61, 1999 The Hague
- [5] Lees, F., P., Loss Prevention in the Process Industries, Volume 1.
- [6] CINEMAX s.r.o.,www.bozp.cz [online]. Uherské Hradiště, Bureau Veritas Moravia, s.r.o, 1997-2006, dostupný z www.bozp.cz.
- [7] SEVEROCHEMA LIBEREC, Severochema, 2005, [online] dostupný z www.severochema.cz.
- [8] PARAMO, Bezpečnostní list motorová nafta, [online] dostupný z <http://obchod1.paramo.cz/Data/RizenaDokumentace/>, 2006 Paramo
- [9] UNIPETROL RPA, Bezpečnostní list LPG, [online] dostupný z www.unipetrolrpa.cz/cz/mapa-serveru, 2007 – 2008 Unipetrol.
- [10] Norma ČSN 75 3415 Vodní hospodářství. Ochrana vod při manipulaci se závadnými látkami a jejich skladování.
- [11] Norma ČSN 65 0202 Hořlavé kapaliny. Plnění a stáčení výdejní čerpací stanice.
- [12] Norma ČSN 33 2030 Elektrostatika. Směrnice pro vyloučení nebezpečí od statické elektřiny.
- [13] Norma ČSN EN 589 Zkapalněné ropné plyny (LPG). Technické požadavky a metody zkoušení.
- [14] Zákon 356/2003 Sb., ze dne 23. září 2003 „o chemických látkách chemických přípravcích a o změně některých zákonů“.
- [15] Nařízení vlády č. 258/2001 Sb. ze dne 6. června 2001, kterým se stanoví postup hodnocení nebezpečnosti chemických látek a chemických přípravků, způsob jejich klasifikace a označování a vydává Seznam dosud klasifikovaných nebezpečných chemických látek. Sbírka zákonů č. 99/2001.
- [16] Technická dokumentace čerpací stanice pohonných hmot.
- [17] Technická dokumentace čerpací stanice LPG

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Veličina
A	[-]	Indikační číslo
BI	[-]	Bussines Interruption- přerušení provozu
C ₁	[-]	Faktor řízení procesu
C ₂	[-]	Faktor oddělitelnosti materiálu
C ₃	[-]	Faktor proti požární ochrany
C _{celkový}	[-]	Celkový kreditní faktor
ČS	[-]	Čerpací stanice
F&E	[-]	Index požáru a výbuchu
Index	[-]	
FMEA	[-]	Failure Mode and Effect Analysis – Analýza příčina a následků poruch
F1	[-]	průměr otvoru
F2	[-]	Faktor speciálních nebezpečí
F3	[-]	Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky
G	[kg]	Mezní hodnota - mezní množství nebezpečné látky
HC	[MJ/kg]	Spalné teplo
L	[m]	je vzdálenost od jednotky k posuzovanému místu
MPPD	[Kč]	Základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku
MPDO	[dny]	Maximální očekávaný počet dní výpadku výroby
R	[m]	Poloměr zasažené plochy
PB	[-]	Propan butan
LPG	[-]	Liquefied Petroleum Gas
MF	[-]	Materiálový faktor
N _F	[-]	Hořlavost
N _R	[-]	Reaktivita
O ₁	[-]	Faktor pro procesní jednotku nebo pro skladovací jednotku
O ₂	[-]	Faktor zohledňující umístění jednotky
O ₃	[-]	Faktor zahrnující množství látky v plynném stavu po úniku v závislosti na provozní teplotě, normálním bodu varu, skupenství látky a teplotě okolí
Q	[kg]	Množství látky přítomné v zařízení
QRA	[-]	Kvantitativní hodnocení rizik
PHM	[-]	Pohonné hmoty

VUT v Brně	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Ústav metrologie a zkušebnictví
Fakulta strojního inženýrství		Metrologie a řízení jakosti

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Schéma čerpací stanice pohonných hmot

Příloha 2 – Zóny nebezpečných prostorů

Příloha 3 – Schéma čerpací stanice LPG

Příloha 4 – Faktor poškození

Příloha 5 – Počet dnů výpadku